№ 19 (216), вып. 36/1
Декабрь 2015

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ
Белгородского государственного университета
Экономика Информатика

Основан в 1995 г.

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Belgorod State University Scientific Bulletin
Economics Information technologies

Учредитель:
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Издатель:
НИУ «БелГУ»

Издательский дом «Белгород»

Адрес редакции, издателя, типографии:
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-63052 от 10 сентября 2015 г.

Выходит 4 раза в год.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор
О.Н. Полухин,
ректор НИУ «БелГУ», доктор политических наук, профессор

Зам. главного редактора
И.С. Константинов,
проректор по научной и инновационной работе НИУ «БелГУ», доктор технических наук, профессор

Научный редактор
В.М. Московкин,
профессор кафедры мировой экономики НИУ «БелГУ», доктор географических наук

Ответственный секретарь:
О.В. Шевченко,
зам. начальника УНиИ НИУ «БелГУ», кандидат исторических наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ ЖУРНАЛА

Заместители главного редактора
Е.Г. Жиляков,
доктор технических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

О.А. Ломовцева,
доктор экономических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

Ответственный секретарь
А.А. Черноморец,
кандидат технических наук, доцент

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

Некоторые методические аспекты интегральной оценки экономического объекта на примере рейтингов регионов РФ. ***Е.Е. Васильева, Е.В. Долгова*** *5*

Развитие элементов инновационной инфраструктуры региона. ***Е.Н. Парфенова*** *14*

Проблемы и особенности устойчивого развития системы населения Центрально-Черноземного района. ***А.Э. Крупко, Н.В. Чугунова*** *21*

Анализ инфраструктурных факторов промышленного развития в регионе. ***С.Н. Растворцева, Е.Э. Колчинская, В.С. Савченко*** *29*

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Методология индикативного управления организациями социальной сферы: проблемы целеполагания, метод tasked. ***Б.А. Тхориков*** *39*

Методологические аспекты проведения системного анализа и кластеризации рынка санаторно-курортных услуг. ***М.С. Оборин*** *43*

N.B. Современное состояние, проблемы и перспективы развития туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края. ***Т.Л. Оганесян, Е.В. Фоменко, В.В. Антошкина*** *52*

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

N.B. Актуальные аспекты финансовой безопасности корпорации. ***А.А. Мокропуло, Л.Л. Оганесян*** *59*

Финансовое обеспечение развития малого и среднего бизнеса в России. ***М.В. Владыка, А.И. Веретенников*** *64*

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

Особенности управления малым инновационным предприятием вуза. ***О.А. Ломовцева, С.Н. Прядко, М.Н. Дахова*** *71*

Описание жизненного цикла проекта создания сложного инновационного изделия на основе компонентно-ориентированного подхода. ***И.С. Константинов, С.А. Лазарев, Ю.И. Сергеева*** *78*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Управление инвестиционными программами в агентной модели экспериментальной экономики. ***А.Л. Машкова, О.А. Савина*** *86*

Члены редколлегии

В.П. Волчков, доктор технических наук, профессов (Московский технический университет связи и информатики)
В.Д. Дмитриенко, доктор технических наук, профессор (Харьковский национальный технический университет «ХПИ»)
О.В. Иншаков, заслуженный деятель науки РФ, доктор экономических наук, профессор (Волгоградский государственный университет)
В.И. Капалин, доктор технических наук, профессор (Московский государственный институт электроники и математики (технический университет)
Н.И. Корсунов, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный
О.П. Литовка, доктор географических наук, профессор (Институт проблем региональной экономики РАН, г. Санкт-Петербург)
С.И. Маторин, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)
О.П. Овчинникова, доктор экономических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)
Э. Полтон, доктор экономических наук, профессор (Университет Святого Георгия, Лондон)
Понятовска – Яки М., доктор экономики, профессор (Варшавская высшая школа экономики, Польша)
И.Е. Рисин, заслуженный деятель науки РФ, доктор экономических наук, профессор (Воронежский государственный университет)
В.Г. Рубанов, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

Статьи публикуются в авторской редакции

Оригинал-макет *А.Е. Винник, Е.В. Болгова, Л.П. Котенко*

Подписано в печать 16.12.2015
Формат 60×84/8
Гарнитура Georgia, Impact
Усл. п. л. 26,6
Заказ 253
Цена свободная
Тираж 1000 экз.
Дата выхода 30.12.2015.

Подписной индекс в Объединённом каталоге «Пресса России» – 18078

Оригинал-макет подготовлен и тиражирован в Издательском доме «Белгород»
Адрес: 308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

МИРОВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Основные направления совершенствования экономической безопасности Российской Федерации на современном этапе развития таможенной службы. ***Е.Н. Петрушко, В.В. Шкилёв 91***

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Оценивание производных дискретных функций. ***Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова 96***

Математическое моделирование передачи информационных потоков в беспроводной самоорганизующейся сети специального назначения. ***И.С. Константинов, С.А. Лазарев, К.А. Польщиков 101***

Оценка вычислительной сложности алгоритмов оптимизации границ карьеров в системе недропользования. ***П.В. Васильев, В.М. Михелев, Д.В. Петров 110***

Построение моделей ИТ-проектов при оценивании их эффективности. ***В.С. Нехотина 120***

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

О разработке пакета компьютерной поддержки принятия решений для выбора корреляционно-регрессионных моделей анализа и прогнозирования эмпирических данных. ***Н.П. Путивцева, Т.В. Зайцева, С.В. Игрунова, Е.В. Нестерова, О.П. Пусная 126***

Система поддержки принятия решений при экспертной оценке социальных рисков. ***М.В. Лифиренко, В.В. Ломакин 132***

Информационная система оценки рискогенного комплекса среды обитания человека. ***Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, А.В. Кисиленко 137***

Мотивационные аспекты использования мобильных технологий в образовательном процессе вузов. ***В.Н. Бабешко, С.С. Колосков, А.В. Самочадин, А.Г. Гребеник 144***

Методика апробации внедрения мобильных сервисов на платформе управления мобильными устройствами в вузах. ***С.С. Колосков, В.Н. Бабешко, А.В. Самочадин, Ю.А. Кошлич 152***

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Оценка эффективности систем спутниковой связи на GEO, MEO и LEO орбитах. ***И.А. Сидоренко, М.А. Евтушенко 160***

Применение теории графов для моделирования архитектуры региональной сети передачи данных. ***С.Н. Девицына 170***

Анализ состояния и перспективы развития самоорганизующихся сетей. ***А.В. Проскочило, А.В. Воробьев, М.С. Зряхов, А.С. Кравчук 177***

Об одном способе цикловой синхронизации широкополосных сигналов. ***С.П. Белов, Е.Г. Жиляков, А.С. Белов, С.А. Рачинский 187***

Модель прицельной узкополосной помехи. ***П.Г. Лихолоб, А.Д. Буханцов, С.Н. Девицына, А.В. Курлов 191***

Оценка влияния величины шага квантования на ортогональность собственных векторов субполосной матрицы. ***Д.В. Урсол, Ю.И. Киселёв 197***

Анализ влияния на результаты деконволюции космического изображения высокого разрешения ослабления степени регуляризации в синтезе частотно-контрастной характеристики тракта дистанционного зондирования. ***В.Н. Винтаев 203***

Сведения об авторах ***210***

© Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2015

№ 19 (216), Issue 36/1
December 2015
SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

Belgorod State University Scientific Bulletin

Economics Information technologies

Founded in 1995

The Journal is included into the list of the leading peer-reviewed journals and publications coming out in the Russian Federation that are recommended for publishing key results of the theses for Doktor and Kandidat degree-seekers.

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ Белгородского государственного университета

Экономика Информатика

Founder:
Federal state autonomous educational establishment of higher professional education «Belgorod State National Research University»

Publisher:
Belgorod State National Research University
Belgorod Publishing House

Address of editorial office, publisher, letterpress plant: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor)

Mass media registration certificate ПИ № ФС 77-50062 May 29, 2012
Publication frequency: 4 /year

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-chief

O.N. Poluchin,
Rector of Belgorod State National Research University, Doctor of political sciences, Professor

Deputy editor-in-chief

I.S. Konstantinov,
Vice-Rector on Scientific and Innovative Work of Belgorod State National Research University, Doctor of technical sciences, Professor

Scientific Editor

V.M. Moskovkin,
Professor of World Economy Department of Belgorod State National Research University, Doctor of Geographical Sciences

O.V. Shevchenko,
Deputy Head of Scientific and Innovative Activity Department of Belgorod State National Research University, Candidate of Historical Sciences

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES

Deputies of chief editor:

E.G. Zhilyakov,
Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State National Research University)

O.A. Lomovtseva,
Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State National Research University)

CONTENTS

REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

Some methodological aspects of the integrated economic assessment of the object as an example of Russia regions. ***E.E. Vasilyeva, E.V. Dolgova*** *5*

Development of innovation infrastructure in the region. ***E.N. Parfenova*** *14*

Problems and features of sustainable development of the population in the Central Black soil region. ***A.E. Krupko, N.V. Chugunova*** *21*

Analysis of infrastructure factors of industrial development in the region. ***S.N. Rastvortseva, E.E. Kolchinskaya, V.S. Savchenko*** *29*

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

Methodology indicative management organizations of social sphere: problems of goal-setting, method tasked. ***B.A. Tkhorikov*** *39*

Methodological aspects of carrying out the system analysis and clustering of the market of sanatorium service. ***M.S. Oborin*** *43*

N.B. Current state, problems and development prospects of tourist and recreational complex of Krasnodar region. ***T.L. Oganesyan, E.V. Fomenko, V.V. Antoshkina*** *52*

PUBLIC AND BUSINESS FINANCE

N.B. Actual aspects of financial safety of corporation. ***A.A. Mokropulo, L.L. Oganesyan*** *59*

Financial assurance of development small and medium-sized enterprises. ***M.V. Vladyka, A.I. Veretennikov*** *64*

INVESTMENT AND INNOVATIONS

Management peculiarities of small innovative enterprises at higher education institutions. ***O.A. Lomovceva, S.N. Pryadko, M.N. Dakhova*** *71*

Description of the project lifecycle for creation the complex innovation products on the basis of the component-oriented approach. ***I.S. Konstantinov, S.A. Lazarev, J.I. Sergeyeva*** *78*

MODELING OF ECONOMIC PROCESSES

Investment program management In agent model of experimental economics. ***A.L. Mashkova, O.A. Savina*** *86*

Editorial assistant:
A.A. Chernomorets, Candidate of technical sciences, Associate professor (Belgorod National Research University)

Members of editorial board:
V.P. Volchkov, Doctor of technical sciences, Professor (Moscow Technical University of Communications and Informatics)
V.D. Dmitrienko, Doctor of technical sciences, Professor (Kharkov National Technical University)
O.V. Inshakov, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of economical sciences, Professor (Volgograd State University)
V.I. Kapalin, Doctor of technical sciences, Professor (Moscow State Institute of Electronics and Mathematics (Technical university))
N.I. Korsunov, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State National Research University)
O.P. Litovka, Doctor of geographical sciences, Professor (Institute of regional economy problems of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg)
S.I. Matorin, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State National Research University)
O.P. Ovchinnikova, Doctor of economical sciences, Professor (Orel Regional Academy of State Service)
A. Polton Doctor of economical sciences, Professor (St George`s University of London)
Małgorzata Poniatowska-Jaksch, Doctor of economy, Professor (Warsaw School of Economics, Poland)
I.E. Risin, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of economical sciences, Professor (Voronezh State University)
V.G. Rubanov, Honoured Science Worker of Russian federation, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov)

The articles are given in authors` editing

Dummy layout by *A.E. Vinnik, E.V. Bolgova, L.P. Kotenko*

Passed for printing 16.12.2015
Format 60×84/8
Typeface Georgia, Impact
Printer's sheets 26,6
Order 253
Circulation 1000 copies
Date of publishing: 30.12.2015.

Subscription reference in The Russian Press common catalogue – 18078

Dummy layout is replicated at Publishing House "Belgorod", Belgorod State National Research University
Address: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

GLOBAL ECONOMIC INTEGRATION

The main directions of improving the economic security of the Russian Federation at the present stage of development of the customs service. ***E.N. Petrushko, V.V. Shkilev*** ***91***

COMPUTER SIMULATION HISTORY

Discrete functions derivatives estimation. ***E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova*** ***96***

Mathematical modeling of information flows transmission in mobile ad-hoc network for special purpose. ***I.S. Konstantinov, S.A. Lazarev, K.A. Polshchikov*** ***101***

Computational complexity for open pit optimization algorithms in mining mineral reserves. ***P.V. Vassiliev, V.M. Mikhelev, D.V. Petrov*** ***110***

Construction of models IT designs are welcomed evaluation of their effectiveness. ***V.S. Nekhotina*** ***120***

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

On the elaboration of a package of computer decision support for the choice of correlation and regression models of analysis and forecast of empirical data. ***N.P. Putivzeva, T.V. Zaitseva, S.V. Igrunova, E.V. Nesterova, O.P. Pusnaya*** ***126***

Decision support system for expert assessment of social risks. ***M.V. Lifirenko, V.V. Lomakin*** ***132***

Information system for assessment of risk-taking complex of human environment. ***R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin, A.V. Kisilenko*** ***137***

Motivational aspects of the application of mobile technologies in the educational process in higher educational institutions. ***V.N. Babeshko, S.S. Koloskov, A.V. Samochadin, A.G. Grebenik*** ***144***

Methods of testing manager of mobile devices in higher education. ***S.S. Koloskov, V.N. Babeshko, A.V. Samochadin, Y.A. Koshlich*** ***152***

INFORMATION TECHNOLOGIES AND TELECOMMUNICATION

Evaluation of satellite communications for GEO, MEO and LEO orbit. ***I.A. Sidorenko, M.A. Evtushenko*** ***160***

Applying graph theory for regional data transferring network architecture modeling. ***S.N. Devitsyna*** ***170***

Analysis of state and development perspectives of self-organizing networks. ***A.V. Proskochylo, A.V. Vorobyov, M.S. Zriakhov, A.S. Kravchuk*** ***177***

About one way synchronization cycle broadband signals. ***S.P. Belov, E.G. Zhilyakov, A. S. Belov, S.A. Rachinskii*** ***187***

Model sighting narrow-band interference. ***P.G. Likholob, A.D. Bukhantsov, S.N. Devitsyna, A.V. Kurlov*** ***191***

Assessment of quantization step on the subband matrix eigenvectors orthogonality. ***D.V. Ursol, Y.I. Kiselev*** ***197***

An analysis of influence on the results of deconvolution of space image of high-res of weakening to the degree of reguralization is in the synthesis of frequency-contrasting description of highway of the remote sensing. ***V.N. Vintayev*** ***203***

Information about Authors ***210***

© Belgorod National Research University, 2015

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 332.12

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА НА ПРИМЕРЕ РЕЙТИНГОВ РЕГИОНОВ РФ

PRIORITIES AND MECHANISMS OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN FORMATION OF INNOVATSION INDUSTRIAL COMPLEX REGIONS

Е.Е. Васильева, Е.В. Долгова
E.E. Vasilyeva, E.V. Dolgova

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, 614000, г.Пермь, Комсомольский проспект, 29

Perm National Research Polytechnic University, Komsomol prospectus, 29, Perm, 614000, Russia

E-mail: VasilevaEE@list.ru , shagrata@mail.ru

Аннотация. В статье осуществлен обзор текущей практики территориальных рейтингов, присваиваемых аккредитованными рейтинговыми агентствами в РФ. По результатам обзора выделены два основных направления рейтингования: кредитоспособность региональных администраций и инвестиционная привлекательность регионов. При кажущемся многообразии современного отечественного рейтингового рынка количество представленных на нем региональных рейтингов ограничено и потенциально существует потребность в моделировании рейтингов на основе публично доступной информации. На базе проведенного обзора, с использованием общетеоретических принципов экономического моделирования построена авторская концептуальная модель процесса формирования интегральной оценки экономического объекта. Предложенная модель формализует механизм построения интегральной оценки экономического объекта, в том числе – региона, что может служить методической базой для построения разнообразных оценок и проведения дальнейших региональных исследований в различных направлениях.

Resume. The article reviewed the current practices of territorial ratings assigned by rating agencies accredited in the Russian Federation. The review highlighted two current direction reytingovayaniya: the creditworthiness of the regional administrations and the investment attractiveness of the regions. Despite the seeming diversity of the market the number of rating provided it is limited to the regional rankings, and not enough to solve many problems. Thus, there exists a need in the modeling ratings based on publicly available information.

Based on our review, with the general theoretical principles of economic modeling author built a conceptual model of the formation of an integrated assessment of the economic object. The proposed model formalizes a mechanism for constructing an integrated assessment of the economic subject, including - in the region that can serve as a methodological basis for constructing a variety of assessments and further regional studies in different directions.

Ключевые слова: рейтинг, регион, интегральная оценка, моделирование рейтинговой оценки.
Key words: rating, region, integrated assessment, modeling rating.

Введение

Экономическая среда в различных субъектах РФ неоднородна. Так, например, в финансовой сфере ярко выражены региональные диспропорции в распределении банковских активов, в количественных показателях присутствия финансовых институтов на рынке, в объемах эмиссионной деятельности компаний. Проблема региональной неоднородности экономики является актуальной не только для России, но и для многих других стран с федеративным государственным устройством, где структура экономики имеет четко выраженное региональное деление. Для повышения эффективности деятельности хозяйствующих субъектов в различных условиях необходима комплексная оценка экономических факторов развития регионов.

Гипотеза

Рейтинговая оценка является широко применяемым в мировой и отечественной практике образцом комплексной экономической оценки. На ее основе могут быть рассмотрены методические аспекты моделирования интегральной оценки экономического объекта.

Результаты исследования

Максимальным практическим опытом в процессе построения разнообразных интегральных показателей – рейтингов – обладают рейтинговые агентства. Под рейтингом понимается комплексная оценка субъекта: фирмы, банка, страховой компании, паевого фонда, страны, региона и т.д. - по дискретной упорядоченной шкале. Рейтинг позиционирует субъекта по принятой рейтинговой шкале относительно «идеального» субъекта [Пересецкий, 2012].

С 1975 г. Комиссия по ценным бумагам США стала присваивать некоторым рейтинговым агентствам статус «национально признанных статистических рейтинговых организаций». Первыми в этот список вошла так называемая «большая тройка»: S&P, Fitch, Moody's.

В РФ в соответствии с Приказом Минфина РФ от 17 сентября 2010 г. №452 «Об аккредитации рейтинговых агентств» (с последующими изменениями) [1] для деятельности на территории РФ в настоящий момент официально аккредитованы следующие рейтинговые агентства (в соответствии с полным юридическим наименованием):

1. Филиал компании «Фитч Рейтингз СНГ Лтд».
2. Филиал частной компании с ограниченной ответственностью «Стэндард энд Пурс Кредит Маркет Сервисез Юроп Лимитед».
3. Общество с ограниченной ответственностью «Мудис Восточная Европа».
4. Общество с ограниченной ответственностью «Национальное Рейтинговое Агентство».
5. Закрытое акционерное общество «Рейтинговое агентство «Анализ, Консультации и Маркетинг».
6. Закрытое акционерное общество «Рус-Рейтинг».
7. Закрытое акционерное общество «Рейтинговое Агентство «Эксперт РА».
8. Закрытое акционерное общество «РЕЙТИНГОВОЕ АГЕНТСТВО МУДИС ИНТЕРФАКС».
9. Общество с ограниченной ответственностью Группа рейтинговых агентств «Эксперт РА».

Фактически это означает деятельность в России рейтинговых агентств под марками семи крупных брендов, в том числе трех международных: Fitch, Standart&Poor's, Moody's, - и четырех российских: Национальное рейтинговое агентство, АК&М, Рус-Рейтинг, Эксперт-РА.

На рисунке 1 представлена диаграмма структуры отечественного рынка рейтинговых услуг по количеству действующих рейтингов присутствующих на рынке компаний.

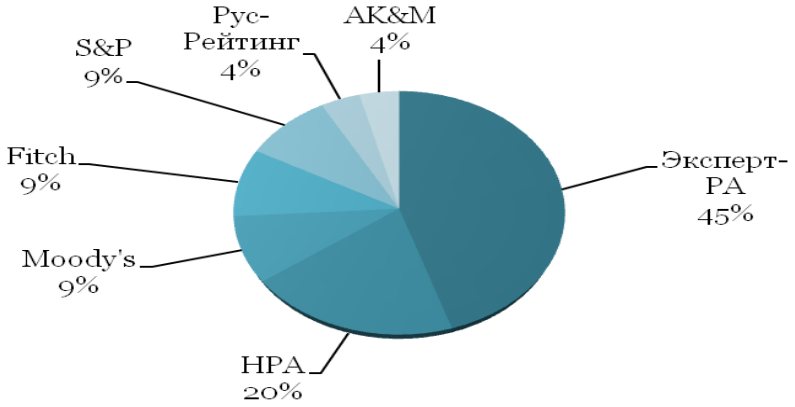


Рис.1. Доли рейтинговых агентств по количеству действующих рейтингов в РФ [8]
Fig.1. Shares of the rating agencies on the number of existing ratings in Russia

По данным на рисунке 1 видно, что все агентства проявляют достаточную активность, лидером является «Эксперт-РА».

В таблице 1 приведен обзор региональных и страновых рейтингов, предлагаемых аккредитованными рейтинговыми агентствами России. Определенное расширение региональных границ до уровня стран представляется обоснованным для достижения полноты рассмотрения предложений, существующих на рынке рейтинговых продуктов. Обзор сформирован на базе методик рейтинговых агентств, официально опубликованных на их сайтах в сети Internet.

Представленные в таблице данные подтверждают наличие региональных рейтингов в активе всех ведущих рейтинговых агентств в РФ. Исключение составляет Рус-Рейтинг, специализирующийся на оценке финансовых институтов и ценных бумаг. В дальнейшем анализе Рус-Рейтинг не рассматривается. По результатам обзора можно говорить о сложившейся практике оценки регионов по двум основным направлениям: кредитоспособность администрации и инвестиционная привлекательность региона.

Таблица
Table

Территориальные рейтинги (региональные и страновые), формируемые рейтинговыми агентствами в РФ
The ratings of the territorial (regional and country), generated by rating agencies in the Russian Federation

Наименование рейтинга	Краткая характеристика методики
1	2
1. Эксперт-РА	
Рейтинг кредитоспособности регионов (муниципалитетов) [10]	Оценка способности регионов (муниципалитетов) своевременно и в полном объеме выполнять свои финансовые обязательства, формируемая на базе 3 блоков: - социально-экономические риски, - финансовые риски, - политические риски.
Рейтинг кредитоспособности суверенного правительства [11]	Оценка уровня кредитного риска по долговым обязательствам суверенного правительства (правительства страны) на базе следующих разделов: - благосостояние государства, - уровень развития и риски финансовой системы, - характеристика проводимой государством фискальной и монетарной политики, - структура экономики, - уровень институционального развития государства, - валютные риски, - прочие показатели, не связанные с госдолгом: уровень и динамика корпоративного долга, уровень и динамика реальных процентных ставок, качество организации финансовых рынков и уровень защиты прав инвесторов, конкурентное положение компаний страны, динамика фондового рынка.
Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов РФ [12]	Оценка регионов на базе 2 самостоятельных характеристик: - инвестиционный потенциал, - инвестиционный риск.
Рейтинг кредитного климата стран [9]	Оценка системного кредитного риска страны относительно других стран (уровень возвратности инвестиций в государственные и частные долговые обязательства). Разделы, используемые для оценки, аналогичны разделам рейтинга кредитоспособности суверенного правительства (см.выше).
2. Национальное рейтинговое агентство	
Индивидуальный рейтинг кредитоспособности регионов России [14]	Оценка кредитных рисков, связанных с приобретением региональных долговых ценных бумаг, формируемая из следующих блоков: - бюджетный, - макроэкономический.
Рейтинг кредитоспособности суверенных государств [15]	Оценка кредитных рисков, связанных с приобретением государственных облигаций, осуществляемая по группам: - для развитых стран, - для развивающихся стран. Примеры используемых показателей: - валовой внутренний продукт; - развитие коммуникаций и транспортной инфраструктуры; - внутренняя и внешняя безопасность; - позиции и степень влияния на международной арене; - внешний долг и затраты на его обслуживание; - ресурсная база и промышленный потенциал; - состояние государственного бюджета; - международная ликвидность; - состояние финансовой системы, в том числе банковского сектора; - условия для создания и ведения бизнеса в стране; - внешняя торговля и платежный баланс; - конкурентоспособность национальной экономики; - прямые иностранные инвестиции; - качество инвестиционного климата в стране.

Окончание таблицы

1	2
Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов России [13]	Оценка инвестиционной привлекательности региона как совокупности факторов, влияющих на целесообразность, эффективность, уровень рисков инвестиционных вложений на территории данного региона, на базе следующих факторов: - обеспеченность региона природными ресурсами и качество окружающей среды в регионе - трудовые ресурсы региона - региональная инфраструктура - внутренний рынок региона (потенциал регионального спроса) - производственный потенциал региональной экономики - институциональная среда и социально-политическая стабильность - финансовая устойчивость регионального бюджета и предприятий региона.
3. Moody's Interfax Rating Agency	
Рейтинг региональных и муниципальных администраций [16]	Комплексная оценка двух блоков: - базовая оценка кредитоспособности администрации (правительства) - вероятность экстренной поддержки третьего лица в случае острой нехватки ликвидности
4. Fitch	
Рейтинг местных и региональных органов власти за пределами США / по долговому инструменту [17]	Комплексная оценка на базе двух блоков: - институциональная среда - дополнительные рейтинговые факторы
5. Standart&Poor's	
Рейтинг региональных и местных органов власти за исключением США [18]	Комплексная оценка на базе двух блоков: - система региональных (муниципальных) финансов - индивидуальный кредитный портфель
Оценка управления финансами, осуществляемого региональными и местными органами власти разных стран мира, кроме США [19]	Характеризует культуру управления финансами региональных (муниципальных) органов власти. Оценка осуществляется по 9 категориям: - прозрачность и раскрытие информации - бюджетирование - финансовое планирование - управление доходами и расходами - управление долгом - управление денежными средствами и ликвидностью - управление государственными (муниципальными) организациями - прочность политико-управленческой системы - управление внешними рисками
6. AK&M	
Рейтинг кредитоспособности региона-субъекта федерации или муниципального образования [20]	Комплексная оценка следующих факторов: - уровень долговой нагрузки. Качество долга, - финансы и финансовые риски, - производственные и отраслевые риски, - рыночные риски, - динамизм развития, - организационные риски.
7. Рус-Рейтинг [21]	
-	-

Наиболее востребованной является оценка регионов с точки зрения их кредитоспособности: все анализируемые агентства предлагают рейтинги кредитоспособности регионов в лице администраций, при этом в составе региональных рейтингов Moody's Interfax Rating Agency, Fitch и AK&M такие рейтинги единственные.

Интерес рейтинговых агентств к оценке инвестиционной привлекательности регионов представлен рейтингами двух рейтинговых агентств: Эксперт-РА и Национальное рейтинговое агентство.

Ярким исключением в числе рейтингов, оценивающих комплексные экономические параметры различных региональных субъектов, является единственный рейтинг кредитного климата, формируемый агентством «Эксперт-РА». В то время как анализ условий среды функционирования является одним из базовых условий для выработки долгосрочной стратегии развития любого предприятия [Боборова, 2014].

Таким образом, при кажущемся многообразии рейтинговых агентств и предлагаемых ими продуктов ограниченное количество представленных региональных рейтингов подтверждает мнение специалистов о недостаточности имеющихся рейтингов для решения многих вопросов национальной экономики [Пересецкий, 2012].

Несмотря на то, что рейтинговые агентства не обеспечивают всех потребностей экономики в агрегированных оценках, изучение методик построения рейтингов дает богатый материал для формализации подходов к формированию интегральных оценочных индексов. Стремясь обеспечить себе лучшую репутацию и вызвать доверие клиентов, все агентства тезисно публикуют свои рейтинговые методики. Обычно в информации, раскрываемой агентствами, указывается, какие факторы рассматриваются для выставления рейтинговой оценки (см.таблицу 1). Однако алгоритм оценки факторов не публикуется. Таким образом, несмотря на кажущуюся «открытость» методик, воспроизвести их в точности невозможно. Детальная методика рейтинговых оценок составляет коммерческую тайну, что объяснимо с рыночной точки зрения. Однако, в этом случае следует отметить, что основным фактором, гарантирующим объективность рейтинговой оценки, является репутация самого рейтингового агентства как индикатор уровня доверия к выставленному рейтингу. Это потенциально лишь стимулирует, но не гарантирует объективность рейтинговых агентств.

Существует также еще ряд общих негативных аспектов, связанных с применением оценок рейтинговых агентств, более подробно рассмотренных в [Васильева, 2015]:

1) запаздывание рейтингов относительно текущей ситуации;

2) различие в оценках разных рейтинговых агентств;

3) платность процедуры рейтингования, что потенциально может подразумевать возможность влияния «заказчика» рейтинговой оценки на результат;

4) наличие cliff-эффекта (проциклического эффекта), когда негативные ожидания рейтинговых агентств выражаются в снижении рейтинговых оценок, что еще более усугубляет присутствующие кризисные явления в экономике;

5) необоснованность увеличения влияния частных рейтинговых агентств на экономику, а зачастую и политику, как отдельных регионов и стран, так и мирового сообщества в целом.

В связи с вышесказанным существует потребность в моделировании рейтингов на основе публично доступной информации. Модели рейтинговых оценок позволят любому заинтересованному лицу на основе открытой информации построить прогнозные значения требуемых рейтингов, осуществлять текущий мониторинг рейтинговых оценок, анализировать состав и роль индикаторов в экспертных оценках рейтинговых агентств.

Задача получения комплексной оценки экономического объекта на основе интегрирования оценок различных его сторон может быть актуальна в различных областях экономики, например, в планировании и прогнозировании [Придворова, 2013].

Обобщая практику деятельности рейтинговых агентств на основе выше представленных рейтингов, а также существующие теоретические исследования в этой области, можно отметить следующие сложившиеся методические аспекты формирования интегральных оценок [Айвазян, Мхитарян, 2001], включающие последовательность этапов вероятностно-статистического моделирования:

1-й этап (постановочный) – определение целей моделирования, набора факторов и показателей, описание взаимосвязей между ними;

2-й этап (априорный, предмодельный) – анализ содержательной сущности моделируемого явления, формирование гипотез и исходных допущений;

3-й этап (информационно-статистический) – сбор статистической информации: регистрация значений анализируемых факторов на различных временных и (или) пространственных тактах функционирования моделируемой системы;

4-й этап (спецификация) – вывод общего вида модельных отношений, построение структуры модели;

5-й этап (идентифицируемость и идентификация) – проведение статистического анализа модели с целью ее «настройки»: решение проблемы индентифицируемости модели (оценка возможности однозначного восстановления неизвестных параметров модели на основании имеющихся данных) и проблемы идентификации (создание математически корректной процедуры оценивания). Если проблема идентифицируемости решается отрицательно – возврат и корректировка 4 этапа;

6-й этап (верификация) – сопоставление результатов моделирования с реальной действительностью. При отрицательных результатах – возврат к 4-му этапу, а иногда – к 1-му.

Далее, там же, приведенный алгоритм лежит в основе схемы хронологически-итерационных взаимосвязей основных этапов статистического исследования зависимостей социально-экономических явлений (рисунок 2).

Схеме соответствует следующее описание этапов.

Этап 1 – постановочный: определение целей, задач и объекта исследования; набора факторов и показателей с подразделением на «входные» и «выходные»; времени и затрат на проведение исследования.

Этап 2 – информационный: сбор необходимой статистической информации.

Этап 3 - корреляционный анализ: определение структуры связи между исследуемыми показателями.

Этап 4 - определение класса допустимых решений: параметризация модели.

Этап 5 - анализ мультиколлинераности предсказывающих переменных и отбор наиболее информативных.

Этап 6 - вычисление оценок неизвестных параметров, входящих в исследуемое уравнение статистической связи.

Этап 7 – анализ точности полученных уравнений связи.

Этапы рассматриваются в соответствии с хронологией их реализации с учетом итерационного взаимодействия: результаты реализации более поздних этапов могут потребовать коррекции предыдущих – схема взаимодействия этапов 3, 4, 5, 6.

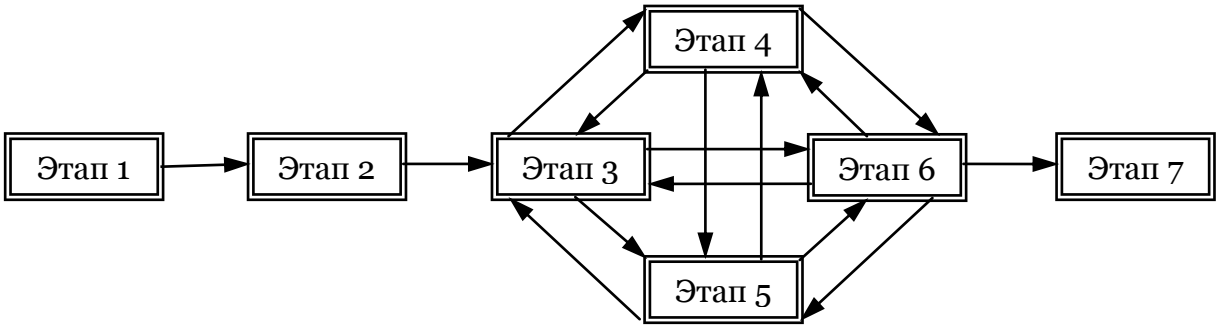


Рис. 2. Схема хронологически-итерационных взаимосвязей основных этапов статистического исследования зависимостей
Fig. 2. Driving chronologically-iterative interrelations main stages of statistical research of dependencies

Применяя вышеприведенную последовательность этапов вероятностно-статистического моделирования и схему взаимосвязей этапов статистического исследования зависимостей к задаче построения рейтинга, можно предложить следующую концептуальную модель процесса формирования интегральной оценки экономического объекта (рисунок 3).

Рис.3. Концептуальная модель процесса формирования интегральной оценки экономического объекта
Fig. 3. A conceptual model of the formation of an integrated assessment of the economic object

Представляется, что основными этапами в процессе формирования интегральной оценки экономического объекта являются следующие:

1) Постановка – четкое определение целей, задач, предмета и объекта оценки; определение денежных, временных, трудовых и прочих ограничений для проведения оценки.

2) Предмоделирование – анализ сути проводимой оценки, формирование необходимого и достаточного перечня первичных показателей для дальнейшего интегрирования.

3) Сбор информации – сбор и обработка значений первичных показателей.

4) Моделирование – формирование алгоритма агрегирования первичных показателей в интегральную оценку, построение математической модели интегральной оценки.

5) Реализация модели - непосредственная обработка собранных данных (значений первичных показателей) по заданному алгоритму.

6) Интерпретация – субъективная оценка (трактовка) полученных результатов.

7) Верификация – объективная оценка полученных результатов, сопоставление с действительностью.

Этапы пронумерованы в соответствии с хронологией их реализации. Данная последовательность этапов циклична. Реализация каждого последующего этапа может потребовать корректировки любого из предыдущих этапов и нового повторения цикла.

Рассматривая содержание отдельных этапов процесса формирования интегральной оценки применительно к рассмотренным выше региональным рейтингам, можно отметить следующее.

На этапе постановки задачи одним из значимых ограничений может стать время реализации процесса оценки. Нестандартные ситуации и оценки обычно требуют более глубокой проработки и больших затрат ресурсов. В то же время, существуют стандартные, широко известные индикаторы. Ими пользуются в типичных ситуациях, в целях экономии.

На этапе предмоделирования интегральной оценки экономического объекта значительную помощь может оказать мировой опыт разработки индикаторов устойчивого развития, на основании которого выделены следующие значимые критерии отбора показателей для дальнейшего интегрирования [Бобылев, 2011]:

- важность показателя;
- понятность показателя даже при сложности его вычисления;
- возможность количественного выражения;
- доступность статистических данных для расчета;
- отражение проблемы;
- возможность использования на региональном и локальном уровнях.

Необходимо отметить, что для повышения эффективности дальнейшей обработки первичные показатели не должны иметь между собой функциональных зависимостей. Для экономических оценок нецелесообразно использование показателей с высокой степенью корреляции как дублирующих друг друга.

Методики рейтинговых оценок, приведенные в таблице 1, не позволяют сделать вывод том, каким образом был сформирован перечень исходных показателей для оценки. К сожалению, в настоящий момент в экономике широко используется практика экспертного отбора показателей, что вносит в оценку значительную степень субъективизма.

Информация в условиях современного общества – один из самых дорогостоящих ресурсов. В данных условиях на этапе сбора информации особое значение имеют возможности и опыт коммерческих структур, профессионально занимающихся аккумулированием и обработкой значительных объемов информации – рейтинговых агентств.

На этапе моделирования формирование интегральной оценки объекта по шкале относительно «идеала» может быть сведено к решению задачи многокритериальной оптимизации. Критериями оптимальности могут выступать:

- критерий Парето;
- лексикографический порядок.

Методики многокритериальной оптимизации весьма разнообразны:

- скалярное ранжирование (скаляризация);
- взвешенная сумма;
- функция скаляризации Чебышева;
- метод изменения ограничений (ε-ограничения).

Основные методы решения задачи многокритериальной оптимизации:

- интерактивность;
- эволюционные методы;
- метод исследования пространства параметров.

Этап моделирования выделяется среди прочих этапов как наиболее значимый и наукоемкий.

После успешного прохождения полного цикла формирования интегральной оценки этап реализации модели (обработка показателей и получение оценки) может реализовываться самостоятельно, отдельно от прочих этапов. Рейтинговые агентства присваивают действующий рейтинг платно, по запросу заинтересованного лица, либо бесплатно, в публичных целях, по собственной инициативе.

Цикличность является обязательным условием математического моделирования. Под влиянием постоянно изменяющихся внутренних и внешних факторов может возникнуть необходимость внесения изменений в содержание любого из этапов и обновления всего алгоритма в целом. В описа-

нии всех вышерассмотренных рейтингов отдельно отмечается возможность корректировки утвержденных методик присвоения рейтингов.

Рассмотренный формализованный процесс моделирования рейтинга как интегральной оценки экономической системы осложняется многообразием показателей различной природы и сложностью их взаимосвязей.

Выводы

Подводя итоги всему вышесказанному, необходимо отметить следующее. Анализ существующей практики присвоения региональных рейтингов в РФ позволяет сделать вывод об ограниченности существующих рейтингов, их недостаточности для оценки экономического разнообразия регионального развития в стране и необходимости независимого моделирования рейтинговых оценок. Рассмотрение практического опыта построения рейтингов как интегральных оценок в совокупности с теоретическими аспектами экономического моделирования позволило формализовать процесс получения интегральной оценки экономического объекта и предложить авторскую модель процесса формирования интегральной оценки экономического объекта, что может служить методической базой для дальнейшего моделирования.

Список литературы
References

1. Приказ Министерства финансов РФ от 17 сентября 2010 г. № 452 «Об аккредитации рейтинговых агентств».

Prikaz Ministerstva finansov RF ot 17 sentjabrja 2010 g. № 452 «Ob akkreditacii rejtingovyh agentstv».

2. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. 2001. Прикладная статистика. Основы эконометрики. В 2-х т. – Т.1: Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Теория вероятностей и прикладная статистика. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 656.

Ajvazjan S.A., Mhitarjan V.S. 2001. Prikladnaja statistika. Osnovy jekonometriki. V 2-h t. – T.1: Ajvazjan S.A., Mhitarjan V.S. Teorija verojatnostej i prikladnaja statistika. M.: JuNITI-DANA, 656.

3. Боброва Н.М. 2014. Планирование управления рисками как ключевой элемент системы управления рисками. Экономика и предпринимательство. 11 ч.3 (52-3): 808-811.

Bobrova N.M. 2014. Planirovanie upravlenija riskami kak kljuchevoj jelement sistemy upravlenija riskami. Jekonomika i predprinimatel'stvo. 11 ch.3 (52-3): 808-811.

4. Бобылёв С.Н., Зубаревич Н.В., Соловьёва С.В., Власов Ю.С. 2011. Устойчивое развитие: методология и методики измерения. М.: Экономика, 358.

Bobyljov S.N., Zubarevich N.V., Solov'jova S.V., Vlasov Ju.S. 2011. Ustojchivoe razvitie: metodologija i metodiki izmerenija. M.: Jekonomika, 358.

5. Васильева Е.Е. 2015. Ретроспектива банковских подходов к оценке кредитного риска: Базель I, II, III. Проблемы современной экономики. 2(54): 175-179.

Vasileva E.E. 2015. Retrospektiva bankovskih podhodov k ocenke kreditnogo riska: Bazel' I, II, III. Problemy sovremennoj jekonomiki. 2(54): 175-179.

6. Пересецкий А.А. 2012. Эконометрические методы в дистанционном анализе деятельности российских банков. М.: Изд.дом Высшей школы экономики, 235.

Pereseckij A.A. 2012. Jekonometricheskie metody v distancionnom analize dejatel'nosti rossijskih bankov. M.: Izd.dom Vysshej shkoly jekonomiki, 235.

7. Придворова Е.С. 2013. Сравнительный анализ методов прогнозирования социально-экономического развития региона (на примере Белгородской области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. 1 (144). Выпуск 25/1: 5-14.

Pridvorova E.S. 2013. Sravnitel'nyj analiz metodov prognozirovanija social'no-jekonomicheskogo razvitija regiona (na primere Belgorodskoj oblasti). Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 1 (144). Vypusk 25/1: 5-14.

8. Рейтинговое агентство «Эксперт-РА» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.raexpert.ru/ratings (22.04.2015).

Rejtingovoe agentstvo «Jekspert-RA» [Electronic resource]. - URL: http://www.raexpert.ru/ratings (22.04.2015).

9. Методика присвоения рейтинга кредитного климата стран. Рейтинговое агентство «Эксперт-РА» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.raexpert.ru/ratings/credit_climate/method (22.04.2015).

Metodika prisvoenija rejtinga kreditnogo klimata stran. Rejtingovoe agentstvo «Jekspert-RA» [Electronic resource]. - URL: http://www.raexpert.ru/ratings/credit_climate/method (22.04.2015).

10. Методика присвоения рейтинга регионов (муниципалитетов). Рейтинговое агентство «Эксперт-РА» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.raexpert.ru/ratings/regioncredit/method (22.04.2015).

Metodika prisvoenija rejtinga regionov (municipalitetov). Rejtingovoe agentstvo «Jekspert-RA» [Electronic resource]. - URL: http://www.raexpert.ru/ratings/regioncredit/method (22.04.2015).

11. Методика присвоения рейтинга суверенного правительства. Рейтинговое агентство «Эксперт-РА» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.raexpert.ru/ratings/sovereign_ratings/method (22.04.2015).

Metodika prisvoenija rejtinga suverennogo pravitel'stva. Rejtingovoe agentstvo «Jekspert-RA» [Electronic resource]. - URL: http://www.raexpert.ru/ratings/sovereign_ratings/method (22.04.2015).

12. Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов России. Рейтинговое агентство «Эксперт-РА» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.raexpert.ru/rankings/#r_1108 (22.04.2015).

Rejting investicionnoj privlekatel'nosti regionov Rossii. Rejtingovoe agentstvo «Jekspert-RA» [Electronic resource]. - URL: http://www.raexpert.ru/rankings/#r_1108 (22.04.2015).

13. Методология дистанционного рейтинга инвестиционной привлекательности регионов. Рейтинговое агентство «Национальное рейтинговое агентство» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://ra-national.ru/ratings/regions/regions-raiting-investment/regions-invest-metodology-2014 (22.04.2015).

Metodologija distancionnogo rejtinga investicionnoj privlekatel'nosti regionov. Rejtingovoe agentstvo «Nacional'noe rejtingovoe agentstvo» [Electronic resource]. - URL: http://ra-national.ru/ratings/regions/regions-raiting-investment/regions-invest-metodology-2014 (22.04.2015).

14. Методология индивидуального рейтинга кредитоспособности регионов России. Рейтинговое агентство «Национальное рейтинговое агентство» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://ra-national.ru/ratings/regions/regions-raiting-individual (22.04.2015).

Metodologija individual'nogo rejtinga kreditosposobnosti regionov Rossii. Rejtingovoe agentstvo «Nacional'noe rejtingovoe agentstvo» [Electronic resource]. - URL: http://ra-national.ru/ratings/regions/regions-raiting-individual (22.04.2015).

15. Методология рейтинга кредитоспособности суверенных государств. Рейтинговое агентство «Национальное рейтинговое агентство» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://ra-national.ru/ratings/world-raitings/raiting-credit/world-raitings-metodology (22.04.2015).

Metodologija rejtinga kreditosposobnosti suverennyh gosudarstv. Rejtingovoe agentstvo «Nacional'noe rejtingovoe agentstvo» [Electronic resource]. - URL: http://ra-national.ru/ratings/world-raitings/raiting-credit/world-raitings-metodology (22.04.2015).

16. Rating methodology «Regional and Local Governments». Moody's investor service [Electronic resource]. - URL: https://www.moodys.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC_147779. (22.04.2015).

17. Rating methodology «Regional Governments». FitchRatings [Electronic resource]. - URL: https://www.fitchratings.com/jsp/general/Research.faces?listingName=criteriaReport (22.04.2015).

18. Методология присвоения рейтингов региональным и местным органам власти разных стран мира за исключением США. Standart&Poor's [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.standardandpoors.com/ru_RU/web/guest/ratings/ratings-criteria/-articles/criteria/governments/filter/all (22.04.2015).

Metodologija prisvoenija rejtingov regional'nym i mestnym organam vlasti raznyh stran mira za iskljucheniem SShA. Standart&Poor's [Electronic resource]. - URL: http://www.standardandpoors.com/ru_RU/web/guest/ratings/ratings-criteria/-articles/criteria/governments/filter/all (22.04.2015).

19. Методология: оценка управления финансами, осуществляемого региональными и местными органами власти разных стран мира, кроме США. Standart&Poor's [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.standardandpoors.com/prot/ratings/articles/ru/ru?articleType=HTML&assetID=1245322330515. (22.04.2015).

Metodologija: ocenka upravlenija finansami, osushhestvljaemogo regional'nymi i mestnymi organami vlasti raznyh stran mira, krome SShA. Standart&Poor's [Electronic resource]. - URL: http://www.standardandpoors.com/prot/ratings/articles/ru/ru?articleType=HTML&assetID=1245322330515. (22.04.2015).

20. Методика определения рейтинга кредитоспособности региона-субъекта РФ или муниципального образования. Рейтинговое агентство «АК&М» Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.akmrating.ru/files/methodology/ru/9.pdf (22.04.2015).

Metodika opredelenija rejtinga kreditosposobnosti regiona-sub#ekta RF ili municipal'nogo obrazovanija. Rejtingovoe agentstvo «AK&M» [Electronic resource]. - URL: http://www.akmrating.ru/files/methodology/ru/9.pdf (22.04.2015).

21. Рейтинговое агентство «Рус-Рейтинг» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.rusrating.ru/rejtingi/rejting-bankov.html (22.04.2015).

Rejtingovoe agentstvo «Rus-Rejting» [Electronic resource]. - URL: http://www.rusrating.ru/rejtingi/rejting-bankov.html (22.04.2015).

УДК 330.322

РАЗВИТИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНА

DEVELOPMENT OF INNOVATION INFRASTRUCTURE IN THE REGION

Е.Н. Парфенова
E.N. Parfenova

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: parfenova@bsu.edu.ru

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются вопросы создания и развития элементов инновационной инфраструктуры региональных экономических систем. На основе анализа формирования элементов инновационной инфраструктуры в Белгородской области, а также исследования возможностей и предпосылок создания инновационного кластера на территории Белгородской области, автором предлагается модель инфраструктурного обеспечения развития территориального кластера.

Resume. This article deals with the creation and development elements of innovation infrastructure in the region. Relying on the learnt practical experience regarding generation of the elements of the innovative infrastructure in the Belgorod region as well as taking into account the investigation findings concerning possibilities and prerequisites for creation of a petrochemical cluster within the territory of the Belgorod region, the author proposes a model of infrastructural support for development of the territorial cluster.

Ключевые слова: регион, инновационная инфраструктура, элементы, бизнес-инкубатор, технопарк, технополис, инновационный центр, территориальный кластер, инфраструктурное обеспечение.
Key words: region, innovation infrastructure, elements, business incubator, technology park, technopolis, innovation center, territorial cluster, infrastructure support.

Введение

В Российской Федерации ведущая роль при разработке экономической политики отводится стратегической установке, которая основывается на активизации инновационной деятельности и эффективном использовании инновационного потенциала территории, благодаря чему будет достигнуто устойчивое экономическое развитие. При этом главная роль отводится регионам, учитывая, что именно там непосредственно осуществляются экономические решения страны. Поэтому региональная политика должна быть направлена на формирование и развитие инновационной инфраструктуры субъекта Российской Федерации, которая позволит объединить усилия органов государственного управления и организаций образовательной и научно-технической сфер деятельности, а также предпринимательских структур для ускоренного применения достижений технологий и научных открытий в целях осуществления стратегических приоритетов и выхода региональной экономики, а вместе с ней и экономики государства, на вектор инновационного развития.

Необходимым условием формирования инновационной инфраструктуры является развитие парковых территориальных образований научно-промышленного, научно-технического и научно-образовательного вида. Основой создания таких парковых образований являются технопарки, бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий, технополисы, инновационные центры. Поэтому надо создать недостающие элементы и обеспечить их взаимосвязь, что позволит аккумулировать имеющиеся ресурсы, прежде всего инвестиционные, и создать необходимые условия для производства и продвижения инноваций. Конечно это длительная и разнообразная работа, которая требует огромных расходов. В связи с этим, необходимо кропотливо создавать, поддерживать и совершенствовать важные элементы региональной инновационной структуры.

Одной из проблем в региональной инновационной инфраструктуре на сегодняшний день является недостаток финансовых институтов, несмотря на то, что органы государственной власти пытаются решить этот вопрос путем организации государственных фондов и развития государственно-частного партнерства. До сих пор не используются «нетрадиционные» инструменты финансирования, которые очень активно применяются в практике европейских государств. Это обстоятельство можно объяснить неудобной для инвесторов модели инновационной инфраструктуры. Кроме того, правовая база, которая регулирует инновационную и инвестиционную деятельность в Российской Федерации, не дает возможности применять этот инструментарий для привлечения инвестиций.

Все это объективно приводит к тому, что необходимо искать новые модели создания региональной инновационной инфраструктуры, которые создали бы условия для появления новых инно-

вационных предприятий и, как следствие, экономический рост субъектов Российской Федерации и экономики страны в целом.

В данной статье рассматривается вопрос, касающийся инновационной инфраструктуры региона и ее элементов, с точки зрения институционального подхода. Проведена оценка сегодняшнего состояния инновационного потенциала региона; выявлены проблемы инновационного развития. Инновационная инфраструктура представлена как инструмент, с помощью которого оказывается ресурсная поддержка и формируется благоприятная среда для инновационного развития региона.

Результаты исследований

Региональная инновационная инфраструктура представляет собой общий состав находящихся на территории региона предприятий, которые создают и распространяют научно-технические инновации и фирмы, потребляющие новшества, а также взаимосвязей между ними, обеспечивающие благоприятные условия для производства и использования нужных интеллектуальных продуктов.

В рамках институционального подхода региональная инновационная инфраструктура представляет собой территориальную организационно-экономическую систему основных и оборотных материально-технических ресурсов, высококвалифицированных кадров, учреждений и объединений различных организационно-экономических форм деятельности, которые создадут благоприятные условия для функционирования инновационных организаций и становление развитой инновационной экономики на территории субъекта Российской Федерации (рис.1).

Рис. 1. Региональная инновационная инфраструктура
Fig. 1. Regional innovation infrastructure

В качестве основных средств для создания и поддержания деятельности выделяются финансовый, материально-технический и трудовой ресурс, так как еще Л. фон Мизес обратил внимание на обострение конкурентной борьбы между предприятиями за квалифицированные кадры, лучшее сырье и материалы, оборотные средства и заемный капитал на финансовом рынке [Мизес, 2005].

Познания, информация, наука принимаются в качестве критического ресурса для обеспечения инновационной деятельности. Такой подход совпадает с утверждением академика А.И. Ракитова о том, что к самому важному условию стремительного развития относится совершенствование инновационной инфраструктуры, в том числе технологии и науки. Выделяя научную инфраструктуру как одну из важных, А.И. Ракитов обращал внимание на то, что необходимо развивать новые институциональные организационные формы, которые будут предоставлять больше возможностей в управлении научным руководителям университетов, а также академических и отраслевых научно-исследовательских институтов, способных коренным образом повлиять на изменение в системе управления и разработку социально-экономических стратегий для различных субъектов Российской Федерации и страны в целом [Ракитов, 1998].

В рамках институционального подхода необходимо указать на постоянную приспособленность инновационной инфраструктуры как института к непрерывно развивающему обществу. Такое мнение опирается на констатировании Т. Веблена о том, что институты будут изменяться при трансформации

обстоятельств, так как они по своей сути являются первым средством проявлять свое отношение на импульсы, которые создаются этими меняющимися обстоятельствами [Веблен, 1984].

Развитие региональной экономики по инновационному пути подразумевает непрерывное совершенствование всех элементов экономического устройства, в том числе и инновационной инфраструктуры. Такая ситуация образует замкнутый цикл и прослеживается лавинообразный процесс: модернизация инновационной инфраструктуры активизирует увеличение производства инновационных продуктов, которые могут быть опять использованы для совершенствования инновационной инфраструктуры. Совершенствование инновационной инфраструктуры содержит модернизацию и усовершенствование всех ее элементов в соответствии со сложившимися обстоятельствами, их приспособление к новому окружению и целостное усложнение системы.

Можно выделить такие особенности для региональной инновационной инфраструктуры, которые создадут благоприятные условия для функционирования всех ее элементов:

- существование высококвалифицированных кадров и собственного центра по обучению и целевой переподготовки специалистов;
- существование собственного портфеля инновационных проектов;
- существование центра, соответствующего современным требованиям к автоматизированному проектированию и информационным технологиям;
- создание тесных связей с ведущими образовательными учреждениями, инновационными фондами, центрами и формирование высокого научно-исследовательского потенциала;
- существование технологической базы, соответствующей современным требованиям;
- привлечение транснациональных объединений в качестве якорных инвесторов;
- со стороны государственных региональных и местных органов власти очень активная поддержка всех субъектов инновационной деятельности;
- тесные связи между всеми участниками инновационной деятельности, как горизонтальные, так и сетевые.

На данный момент инновационная инфраструктура Белгородской области представлена в первую очередь:

1. Финансовыми институтами: Автономная некоммерческая организация Белгородский инновационно - технологический центр «Трансфер»; Белгородский Региональный Ресурсный Инновационный Центр (БРРИЦ); НКО «Фонд развития Белгородской интеллектуально-инновационной системы»; НКО «Фонд содействия развитию инвестиций в субъектах малого и среднего предпринимательства в Белгородской области»; Белгородский областной фонд поддержки малого и среднего предпринимательства.

2. Производственно-технологическими организациями, работающими в сфере коммерциализации инновационных разработок: Автономная некоммерческая организация Белгородский инновационно-технологический центр «Трансфер»; Агротехнопарк Белгородской государственной сельскохозяйственной академии; Ассоциация специалистов по инновационной деятельности «Технопарк БГТУ им. В. Г. Шухова»; инновационный бизнес-инкубатор при БГТУ им. В.Г.Шухова; Инновационный бизнес-инкубатор ОГУ «БРРИЦ»; Белгородский областной центр новых информационных технологий Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова; Белгородский центр научно-технической информации; Инновационно-технологический центр «Стратегическая инициатива» Белгородского государственного университета; Инновационно-технологический центр БГТУ им. В.Г. Шухова; Инновационный центр технопарк «Высокие технологии»; Промышленный парк «Северный».

3. Информационно-консалтинговыми институтами: Автономная некоммерческая организация «Белгородский инновационно-технологический центр «ТРАНСФЕР»; Региональный центр интеллектуальной собственности при БелГУ; ОГУ «Белгородский региональный ресурсный инновационный центр»; ОГУ «Инновационно-консультационный центр АПК»; Центр инновационного консалтинга БелГУ.

4. Образовательными учреждениями: Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»); Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова); Белгородская государственная сельскохозяйственная академия (БелГСХА); Старооскольский технологический институт «Национальный исследовательский университет «МИСиС» (СТИ НИТУ МИСиС), Школа менеджмента «Бирюч» [Инвест.портал БО].

Из перечня элементов Белгородской инновационной инфраструктуры видно, что основными ее составляющими являются учебные заведения и технопарковые структуры, которые образованы в пределах этих учреждений.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет прошел школу управления инновационными объединениями и на сегодняшний день может обеспечить трансфер наукоемких технологий в производство путем формирования на своей территории пояса внедрения из компаний малого и среднего бизнеса.

На сегодняшний день на базе Белгородского государственного национального исследовательского университета успешно функционирует целый ряд малых инновационных предприятий, таких как: ООО «НПП «ЭИТ» БелГУ», ООО «Металл-деформ», ООО «МАТРИЦА– БелГУ», ООО «ТермоЭНЕРГИЯ БелГУ», ООО «НПЦ «Пегас–БелГУ», ООО «Флора-БАВ», ООО «Наносорбент-БелГУ», ООО «Геомонитор-БелГУ», ООО «Наноапатит», ООО «НТЦ «Строительные технологии», ООО «ЦДО «Пегас–Саранск», ООО «Строительные материалы– БелГУ», ООО «ЭЛСИС БелГУ», ООО «НПП «Цитоинструмент БелГУ», ООО «СМТ- БелГУ», ООО «НПП «МедТех БелГУ», ООО «ГеоСтройМониторинг БелГУ», ООО «НПП «Сигнал» БелГУ», ООО «Керамос-БелГУ», ООО «ЦСИНП «Наносертифика–Белгород», ООО «КОНМЕТ–БелГУ», ООО «КИП БелГУ», ООО «Имидж Маркет БелГУ», ООО «РосКерМет-БелГУ», ООО «ЦАИ», ООО «НПП «Биотех-БелГУ», ООО «НПП «ПРОБИО БелГУ», ООО «НПП «КТ-БелГУ», ООО «Сервис-БелГУ», НПО «БИНАМ БелГУ» [Инвест.портал БО].

Особенное место в инновационной инфраструктуре Белгородской области отводится региональному центру инноваций «Аврора-Парк», который является началом в создании Белгородской интеллектуально-инновационной системы «Ковчег». Расширение инновационных центров в «Аврора-Парк» планируется создавать по следующим фундаментальным направлениям: агробиотехнология, высокотехнологичная медицина, развитие городской среды и управление городами, энергоэффективные технологии, высокотехнологичное профессиональное обучение, межрегиональная логистическая интеграция, информационные и медиатехнологии, а также культурное взаимодействие славянских стран.

Перечисленные элементы инновационной инфраструктуры на территории Белгородской области создают условия, которые нужны для осуществления высокотехнологичных проектов, ускоряющих процесс распространения инноваций. На сегодняшний день доля организаций инновационной инфраструктуры на территории Белгородской области в общем числе организаций, которые проводят научно-исследовательскую деятельность, превосходит среднероссийский показатель более чем в два раза [Инвест.привл.регионов, 2014].

Эффективность работы организаций инфраструктуры зависит от их связей с другими организациями: научными и научно-образовательными, инновационными, партнерами по инфраструктурной деятельности, высокотехнологичными предприятиями. Невзирая на то, что существуют все структурные элементы инновационной инфраструктуры в регионе, эта система характеризуется фрагментарностью объектного состава, их разобщенностью и нескооперированностью, что, конечно, мешает повышению эффективности ее функционирования.

Власти региона требуют от каждого района перейти к практическим делам по инновационной деятельности. Для этого им необходимо выбрать себе какое-либо направление, касающееся инновационного развития своей территории. Для правильного выбора и дальнейшей их координации каждому району нужна помощь. В этом может помочь координационный центр. Возможно делегирование таких полномочий уже образованной инновационной организации БИИС, которая создана на территории Белгородской области. Здесь можно заимствовать опыт создания такого инновационного центра, как «Сколково», который сформирован на национальном уровне. Учитывая схожесть в принципах организации этих технопарковых структур, успешность организации БИИС может быть наглядно проиллюстрирована высоким инновационным рейтингом Московской области.

Помимо этого, необходимо обратить внимание на такую особенность сформированности Белгородской инновационной инфраструктуры – локализация местонахождения организаций: только две из вышеперечисленных предприятий не располагаются непосредственно в областном центре.

Кроме того, процесс развития региональной инновационной инфраструктуры тормозится недостатком финансовых институтов. Неотъемлемой частью комплекса финансовых институтов могли бы стать страховые учреждения. Участие таких организаций в инновационном процессе двойственно: во-первых, страховые организации накапливают страховые ресурсы и, тем самым, формируют «длинные деньги», которые необходимы для инновационного процесса. А во-вторых, страховые институты, применяя разнообразный инструментарий страхования инновационных проектов, привлекают бизнес вкладывать финансовые ресурсы в исследования и разработки инноваций. Помимо этого, важнейшим инструментом перспективного финансирования инновационной деятельности, а также быстрого обновления и внедрения передовых технологий является лизинг - способ, который позволяет продвинуть инновационный продукт на рынок путем нефинансового инвестирования материальных средств в процесс их производства. Еще одним источником в финансировании инновационной деятельности могут стать финансовые ресурсы крупного бизнеса. Однако пока мало больших промышленных предприятий, которые заинтересованы в финансировании НИОКР. Изменить ситуацию может только крупный бизнес из сырьевого сектора региональной экономики, который будет заказывать инновации. Необходимо их заинтересовать инновационными проектами и привлечь к финансированию перспективных разработок. Помочь в этом сможет координационный центр. Серьезным вкладом в решение задач финансирования инноваций может стать участие компаний в международных проектах. Увеличение финансовых поступлений из этого источника возможно в случае привлечения иностранных партнеров в центры трансфера технологий.

Кроме того, существует ряд проблем, сдерживающих эффективное развитие инновационной инфраструктуры в Белгородской области:

1. В технопарках и инновационных центрах отсутствует движение малых инновационных предприятий. Малые инновационные предприятия, находясь в технопарке, надолго остаются в нем. Это влияет на то, что во-первых, у них перестает увеличиваться объем производства, а во-вторых, не появляются новые малые инновационные предприятия. По этой причине только инновационно-технологический центр и технопарк считаются объектами инновационной инфраструктуры. Решить эту проблему можно путем установления срока ограничения по нахождению в составе технопарка малого инновационного предприятия.

2. Огромная стоимость оборудования. От использования новых технологий в производстве в силу огромной стоимости оборудования отказывается много инновационных предприятий. Разрешить сложившуюся ситуацию можно путем совместной эксплуатации высококлассного оборудования в центрах и технопарках.

3. Старение кадров на инновационных предприятиях, обладающих ключевыми технологиями. Решить эту проблему можно путем обучения таких кадров, планируя появление квалифицированных работников через 6 – 10 лет, учитывая базовое их обучение и приобретение ими навыков в практической деятельности.

Однако существует и ряд надежд на реализацию Стратегии социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 г. В этом документе поставлена задача создания территориально-отраслевых кластеров и зон опережающего развития, при этом главное значение уделяют созданию инновационного кластера на территории области. Инновационный кластер - это не просто совокупность малых и крупных предприятий, корпораций, венчурных и посевных фондов, исследовательских центров и университетов, а среда, где протекает процесс создания инноваций. Так, дальнейшее социально-экономическое развитие региона в долгосрочной перспективе связывается с функционированием инновационного кластера, который станет «ядром» инновационного развития региона, обеспечивающим взаимосвязь новых рынков и знаний, необходимых для формирования новых секторов производства.

По прогнозам Стратегии социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года, основными количественными результатами развития региональной инновационной системы Белгородской области станут рост объема продукции инновационных предприятий в общем объеме проданной продукции до 30 %; увеличение внутренних затрат на исследования и разработки до 9%; увеличение доли численности работников малого бизнеса в общем объеме занятых в экономике Белгородской области до 40%; а также рост количества принятых патентных заявок на объекты интеллектуальной собственности в 2,8 раза [Инвест.портал БО].

Проведенный анализ особенностей развития инновационной инфраструктуры в Белгородской области дает возможность сделать вывод о том, что существует дисбаланс в составе организаций инфраструктуры, отсутствуют эффективные связи между всеми участниками инновационного процесса, нет заинтересованности к финансированию инноваций и не разработаны механизмы коммерциализации инноваций. Учитывая то обстоятельство, что результативность осуществления инновационной деятельности зависит не только от всех участников этой деятельности, но и от их взаимодействия между собой, надо создать такую инновационную инфраструктуру, которая привела бы в движение рынок инновационных разработок и способствовала переориентации их на нужды и потребности области, при этом связи между участниками этого рынка стали бы более тесными, финансирование достаточным, что, в конечном итоге, обеспечит производство конкурентоспособных инновационных разработок.

По этой причине в рамках существования предпосылок создания инновационного кластера в Белгородской области необходимым условием в развитии инновационной деятельности является реализация структурно-функциональной модели развития территории, которая даст возможность построить инновационную инфраструктуру как систему комплементарных элементов (рис.2).

Представленные элементы обеспечат целостное взаимодействие в работе всей системы: комплекс законодательных актов, определяющих условия создания и деятельности инновационного кластере в регионе и его структурных элементов; единая информационная система; мотивационные установки на инновационное развитие Белгородской области. Кроме того, такая модель позволит создать единую сеть инновационных центров, банков, фондов страхования и финансовых структур, служб поддержки кластерного развития территории. При этом все элементы могут иметь разные организационно-правовые формы хозяйствования, но в то же время, являясь самостоятельным элементом, будут базироваться на интеллектуальном и материальном ресурсе участника инновационной инфраструктуры. Такая связь всех элементов дает возможность одновременно решать важные задачи, такие как интеграция интеллектуальных и финансовых средств, формирование инновационных центров, увеличение обмена информацией между участниками инновационной деятельности. Кроме того, тесная связь всех участников инновационного кластера очень результативна, когда необходимо:

- решить глобальные проблемы, при этом объединяются все ресурсы;

- обучить персонал или повысить его квалификацию, при этом обмениваются опытом работы между собой;
- выполнить одну комплексную работу, при этом объединяют взаимодополняющие этапы этой работы.

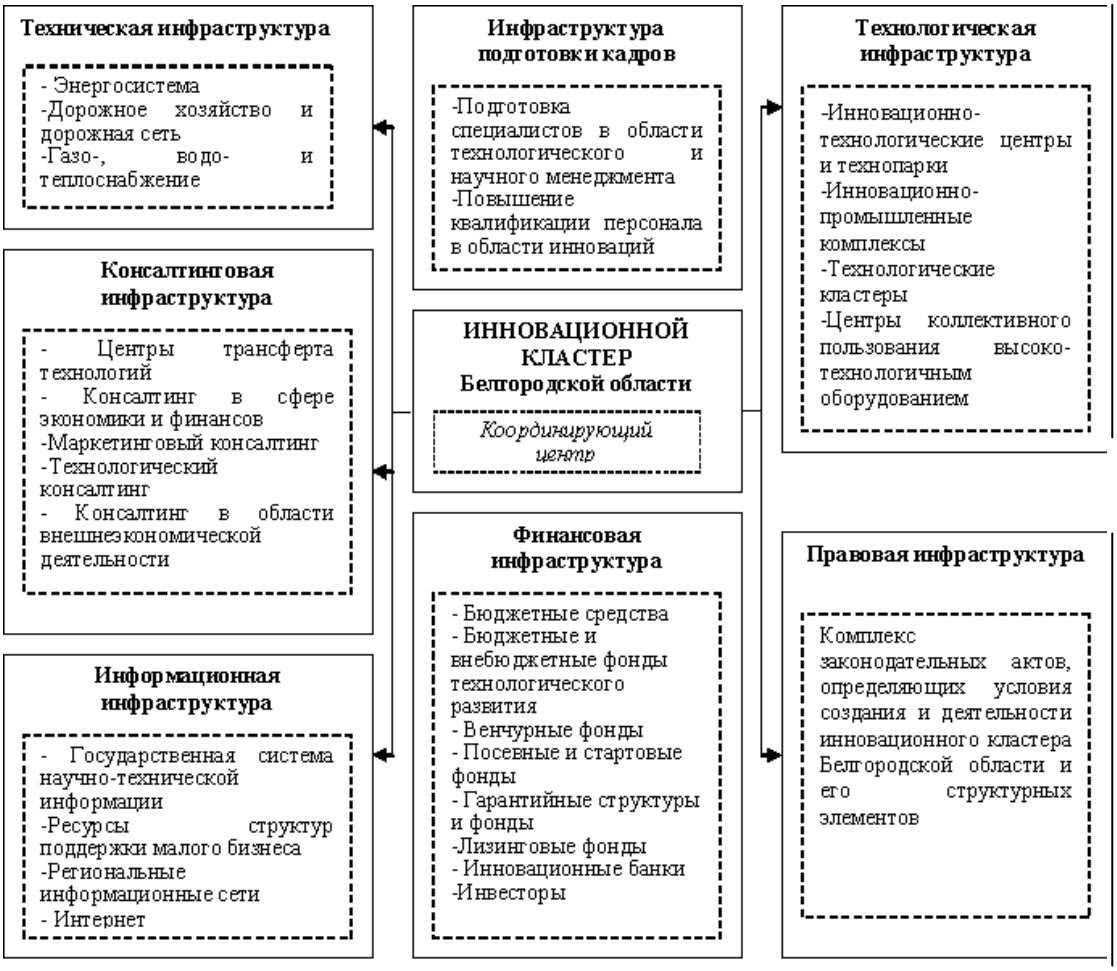


Рис. 2. Структурно-функциональная модель инновационной инфраструктуры Белгородской области
Fig. 2. Structurally -functional model of the innovation infrastructure of the Belgorod region

Создание координационного центра элементов инновационной инфраструктуры даст возможность построить такую систему, в которой все элементы взаимодействуют с органами управления и между собой, а также опираются на возможности друг друга. При этом центр координации предотвращает несогласованность между участниками инновационной инфраструктуры.

Заключение

Таким образом, процесс инновационной деятельности в субъекте Российской Федерации нельзя осуществить без совершенствования элементов инновационной инфраструктуры. Внедрение элементов инновационной инфраструктуры, которых пока не существует, а также совершенствование существующих, даст возможность создавать новые рабочие места на территории, что приведет к увеличению налоговых поступлений в бюджеты всех уровней; создавать новые товары и услуги, при этом улучшая количество и качество выпускаемой продукции; осуществить импортозамещение, при этом опираясь на ресурсосберегающие и экологически чистые технологии при производстве инновационных товаров; увеличить значение науки и образования, научно-исследовательских и конструкторских предприятий; нарастить уровень инновационных разработок, а также эффективность их внедрения. Осуществление нового подхода к инфраструктурному обеспечению научно-технической инновационной деятельности позволит организациям, занятым исследованиями и разработками, компенсировать отсутствие многих компонентов, необходимых для успешной работы, увеличит возможности для коммерциализации собственных научных разработок, будет влиять на улучшение взаимопонимания научно-инновационных и бизнес-структур, создание мотивов к инновационной деятельности,

формирование со стороны государственных органов ориентиров и стимулов для развития инновационной экономики.

Список литературы
References

1. Веблен Т. 1984. Теория праздного класса. М., Прогресс, 367.
Veblen T. 1984. Theory of the Leisure Class. Moscow, Progress, 367. (in Russian).
2. Инвестиционный портал Белгородской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://belgorodinvest.ru.
Investment portal of Belgorod region [Electronic resource]. - URL: http://belgorodinvest.ru.
3. Инвестиционная привлекательность регионов. - 2014: аналитические материалы. 2014. М., 28.
Investitsionnaya privlekatel'nost' regionov. - 2014: analiticheskie materialy. 2014. M., 28.
4. Мизес Л. 2005. Человеческая деятельность: трактат по экономической теории. М., Социум, 717 .
Mises, L. 2005. Human Action: a treatise on economic theory. Moscow, Society, 717. (in Russian).
5. Ракитов А.И. 1998. Прогноз развития науки и технологии в России на период до 2025 года. Вестстник РАН, 8 : 746-753
Rakitov A.I. 1998. Forecast of development of science and technology in Russia for the period up to 2025 . Veststnik RAS, 8: 746-753 (in Russian).
6. Строева ОА. 2010. Развитие инновационной инфраструктуры региона. ИнВестРегион, 4: 48-53.
Stroeva OA. 2010. Development of Innovative Infrastructure of the Region. InVestRegion, 4: 48-53. (in Russian).
7. Стрябкова Е.А. 2012. Перспективы создания инновационного кластера в Белгородской области. Социально-гуманитарные знания, 8: 310-318.
Stryabkova E.A. 2012. Prospects for the creation of an innovation cluster in the Belgorod region. The socio-humanitarian knowledge, 8: 310-318 (in Russian).
8. Регионы России. Основные субъекты Российской Федерации. 2014. М., Росстат, 20 – 21.
Regions of Russia. The main subjects of the Russian Federation. 2014. Moscow, Rosstat, 20 – 21.

УДК 314.1:332.1 (470.32)

ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ НАСЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА

PROBLEMS AND FEATURES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE POPULATION IN THE CENTRAL BLACK SOIL REGION

А.Э Крупко, Н.В Чугунова[1]
A.E. Krupko, N.V. Chugunova

Воронежский государственный университет, Россия, 394000, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
Voronezh State University, Universitatsplatz, 1 Voronezh 394006, Russia

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: Glomer-a@mail.ru, Chugunova@bsu.edu.ru

Аннотация. Авторы данной статьи считают, что в понятие «устойчивое развитие общественной системы» необходимо включать характеристики системы населения, ключевое значение в которых принадлежит воспроизводственным процессам. Исследование воспроизводства системы населения Центрально-Черноземного района позволило установить уровни и территориальные различия в естественном движении населения, выявить корреляционные связи между динамикой численности населения и рождаемостью, смертностью, миграцией, рассчитать прогноз системы населения в качестве основного фактора устойчивости региона в перспективе, определить основные положения категории «устойчивое развитие системы населения». Для достижения устойчивого состояния страны, регионов, муниципальных образований предлагается создавать и развивать теорию и методологию исследования устойчивости развития сложных пространственных систем с использованием системно-структурного подхода.

Resume. Many publications reflect the diversity of the concept of "sustainable development", due to the complexity and diversity of the socio-economic and environmental development of social systems. The authors believe that the definition of "sustainable development of the social system" must include specific features and characteristics of the social system as a socio-economic formation, where population is an essential component. Identification and analysis of the problems of the population reproduction processes is key importance in the study of steady-state population of the region. Study of the reproduction of the population of the Central Black Earth region has allowed to establish the levels and territorial differences in the natural movement of the population, to identify correlations between the dynamics of population growth and fertility, mortality, migration, to calculate a forecast of the population as a major factor of stability in the region in the long term, to determine the basic provisions of the category "sustainable development of the population." To achieve a steady state of the country, regions, municipalities authors propose to create and develop the theory and methodology of the study of sustainable development of complex spatial systems using system-structural approach, to develop theoretical principles and scientific and methodological basics of optimizing the management of individual subsystems and systems in general. The authors believe that the sustainable development of the population is the state, which provides in the short and long-range prospects for the harmonious functioning of territorial social system, improving quality of life and safety of the population.

Ключевые слова: развитие, устойчивость, население, рождаемость, смертность, ЦЧР, система, воспроизводство, миграция.
Key words: development, sustainability, population, fertility, mortality, the CBSR system, reproduction, migration.

Постановка задачи

В настоящее время исследование процессов социально-экономического развития страны, регионов приобрело особое значение. Актуальность таких исследований обусловлена попытками найти свои пути развития территорий России разного иерархического ранга - от страны до локалитетов и тем, что проблемы устойчивого развития конкретных территорий тесно связаны с особенностями их социально-экономического положения. Кроме того, изучение вопросов только размещения объектов или количественных показателей не позволяют полностью вскрыть характер протекающих процессов развития предмета исследования. Анализ развития отдельных компонентов населения также не дает полного понимания сущности этих процессов и существенно ограничивает возможности прогнозирования. По нашему мнению, необходимы комплексные исследования, поскольку прогноз населения, например, должен учитывать не только воспроизводственные, но и социальные, миграционные, экономические, политические и другие факторы.

Обзор понимания исследователями термина «устойчивое развитие» [Бобылев и др., 2004; Ускова, 2009; Меренкова, 2011, «Градостроительный кодекс..., 2012,] показал значительные расхожде-

[1] Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта №15-13-31001.

ния не только его этимологии, но и признаков и явлений, характерных для него. В приводимых (и многих других) публикациях отражается многогранность понятия «устойчивое развитие», которое можно трактовать как развитие, процесс, равновесие, состояние, цель, задача, направление, форма, стратегия [Крупко, 2014]. Во многом это обусловлено сложностью и многоаспектностью самого процесса социально-экономико-экологического развития общественных систем. Поэтому определение «устойчивое развитие общественной системы» должно включать в себя характеристики и особенности общественной системы как социально-экономического образования, обладающего определенной устойчивостью. Особенно важны такие качества общественных систем как целостность, открытость, территориальность, функциональность, структурность. Устойчивое развитие системы – это способы сохранения или развития её основных качеств и, если качества системы ухудшаются, то устойчивого развития нет и не будет. Структура объектов исследования устойчивого развития характеризуется множественностью и включает следующие наиболее крупные компоненты: природно-экологическую, социально-экономическую подсистемы, население и расселение, управление. В то же время элементы и компоненты подсистем характеризуются разными возможностями и условиями устойчивого развития. Каждая из них имеет свою специфику устойчивого развития (не обязательно совпадающую с устойчивостью других подсистем). Поэтому термин «устойчивое развитие общественной системы» можно дополнить рядом определений с учетом специфики устойчивого развития отдельных подсистем окружающей среды: устойчивое развитие населения, устойчивое развитие расселения, устойчивое развитие сельского хозяйства, устойчивое развитие и состояние торговли, промышленности, производственной и социальной инфраструктуры.

При оценке критериев устойчивого развития пространственных общественных систем необходимо учитывать индикаторы качества системных признаков и географические показатели: концентрацию, рассредоточенность, густоту, транспортно-географическое положение. Безусловно, устойчивость различных элементов и компонентов многообразна (при наличии их взаимосвязанности и взаимодействия), что усложняет управление процессом развития систем. Например, устойчивость социальной инфраструктуры зависит от уровня жизни населения, а на уровень жизни влияют наличие предприятий и занятость населения и пр. Социальная инфраструктура, в свою очередь, повышает или понижает уровень устойчивости систем расселения.

Важнейшим компонентом в общественных системах является население, воздействие на элементы которого определяется уровнем социально-экономического развития общества. В исследовании устойчивого состояния населения главное значение имеет изучение воспроизводственных процессов, прежде всего, естественного воспроизводства населения. Устойчивость населения и расселения, если их рассматривать как отдельные подсистемы, различаются: расселение имеет более устойчивый и консервативный характер [Хорев, Смидович, 1981], чем население. Устойчивость расселения обеспечена наличием в нем малоподвижных частей в виде застройки. Городские поселения по сравнению с сельскими более устойчивы, чему способствует целый ряд факторов: развитая социальная инфраструктура и высокое благоустройство, концентрация материальных, финансовых ресурсов.

Необходимо отметить, что изменения в воспроизводственных процессах могут быть как обратимыми (после которых устойчивость восстанавливается на прежнем уровне), так и необратимыми (новая устойчивость обеспечивается переходом всех элементов на другой уровень функционирования – лучший или худший). Устойчивость населения и расселения определяется природными, социальными, демографическими, духовными, экономическими факторами, в которых важную роль играют комфортность природных условий, географическое положение, уровень социально-экономического развития территории.

Под устойчивым развитием населения в РФ и в мире понимаются разные процессы. Если для большинства стран мира для достижения устойчивого развития необходимо ограничивать рост населения, то для России сокращение населения с ее огромной территорией, несовременным укладом жизни, отсталыми технологиями обусловливает деградацию территориальных систем любого уровня. Так, в 2013 году в Центрально-Черноземном районе (ЦЧР), одном из самых густонаселенных районов России, по сравнению с 1990 годом не использовалось более 1/6 части пашни, в Тамбовской области (наименее населенной) - 27% и к миллионам гектаров посевных площадей, выбывших из сельхозоборота, в ближайшие десятилетия может добавиться еще столько же [Хицков, 2006].

По нашему мнению, устойчивость населения в значительной степени обеспечивается положительной или нейтральной динамикой населения. Для ЦЧР устойчивое состояние населения (без учета миграций) возможно при рождаемости 18–20‰ в год [Белова, Крупко, 2013], что в два раза выше современного общего коэффициента рождаемости. Расчеты показывают, что без притока населения извне на уровне 8–10‰ в год, устойчивость населения муниципальных образований (МО) ЦЧР невозможна. Не менее серьезной проблемой является деградация качественного состояния населения, особенно неустойчивость населения в области сохранения духовных, профессиональных, культурных ценностей.

Мы считаем, что устойчивость населения и расселения в широком понимании предполагает такое саморазвитие территории, которое обеспечивает необходимый потенциал воспроизводства

населения и трудовых ресурсов с сохранением существующего каркаса сети поселений. Но устойчивость населения и расселения могут быть разными у разных систем и в разное время: в Канаде при суммарном коэффициенте рождаемости (репродуктивности) 1,60 [Коэффициент суммарной рождаемости, 2015], население в ближайшее десятилетие будет расти. В России при большем коэффициенте - 1,71 [там же] население будет медленно сокращаться из-за иной структуры населения (малочисленности поколения женщин фертильного возраста в составе населения). Если многодетность в РФ не станет образом жизни, рождаемость может упасть до катастрофически низкого значения в истории России и ЦЧР (5-7‰).

Целью данного исследования является выявление и анализ проблем, особенностей устойчивого развития системы населения ЦЧР для гармоничного развития территориальной общественной системы, определение положений устойчивого развития системы населения. В процессе исследования решались следующие *задачи:*

- выявление уровня и территориальных различий в естественном движении населения региона;
- корреляционный анализ между динамикой численности населения и воспроизводственными процессами;
- прогноз системы населения в качестве основного фактора устойчивости региона;
- определение основных положений категории «устойчивое развитие системы населения».

Изложение основного материала

Естественное воспроизводство населения Центрально-Черноземного района, являясь главным фактором устойчивого состояния населения, претерпело существенные изменения с последней четверти XX в. В 70 и 80 гг. XX столетия уровень воспроизводства населения был относительно стабилен, в 90-е же годы во всех областях ЦЧР произошло резкое снижение суммарного коэффициента рождаемости, приведшего к естественной убыли населения. Особенно значительным сокращение было в период проведения основных рыночных реформ (с 1991 по 1993 годы), послуживших катализатором падения рождаемости и переходом страны к завершающей стадии первого демографического перехода, появлению первых элементов второго. Суммарный коэффициент рождаемости уменьшился с 1,8 (1990 г.) до 1,2 ребенка в 1997 г., что свидетельствовало о переходе ЦЧР к однодетной семье. За 2000-е годы он вырос, сохранив значительную дифференциацию по субъектам - от 1,67 в Курской до 1,42 в Тамбовской областях [Суммарный коэффициент рождаемости..., 2013]), но так и не обеспечив в воспроизводстве населения устойчивое состояние населения. Особенно сложная ситуация сложилась в сельской местности. Так, демографический потенциал (с учетом миграций) сельского населения ЦЧР сократился с 1970 по 2010 гг. в 1,82 раза, причем амплитуда показателя составила по областям ЦЧР 1,6 раза (наименьшее сокращение - в 1,59 в Белгородской области, наибольшее – в 2,54 раза в Курской области) [Крупко, 2014]. Воспроизводственный потенциал сельского населения, зависящий от численности женщин в репродуктивном возрасте, дифференцирован еще заметнее (рис. 1, 2).

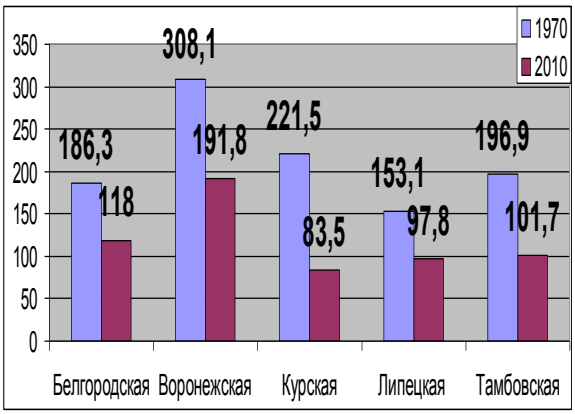


Рис. 1. Численность женщин 15-49 лет в сельской местности областей ЦЧР, тыс. чел. (составлено по [Переписи 1970 и 2010 гг.])
Fig. 1. The number of women 15-49 in rural areas of the CBSR, thous. people. (compiled using [Census 1970 and 2010])

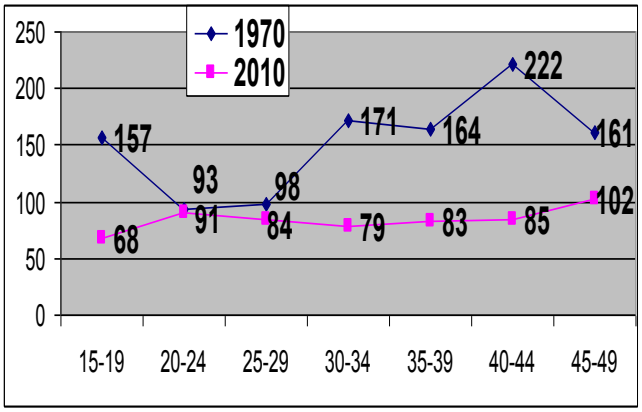


Рис. 2. Структура численности женщин 15-49 лет в сельской местности ЦЧР, тыс. чел. (составлено по [Переписи 1970 и 2010 гг.])
Fig. 2. Structure of the number of women 15-49 in rural areas CBSR, thous. people. (compiled using [Census 1970 and 2010])

Соответственно, демографическая ситуация в ЦЧР в сравнении с Россией стала значительно хуже во всех областях ЦЧР, кроме Белгородской области. Поскольку смертность превышает рождаемость, то воспроизводство населения ЦЧР имеет явно суженный характер (рис. 3 и 4), а тенденции состояния смертности устойчивее рождаемости в территориально-временном разрезах.

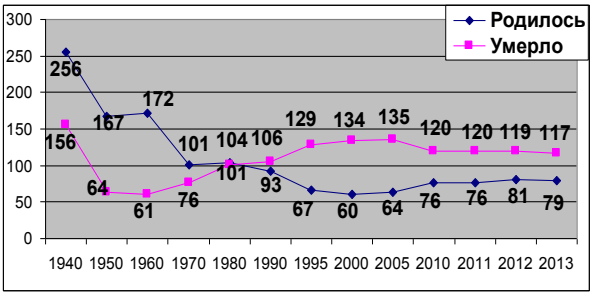


Рис. 3. Число умерших и родившихся в ЦЧР, тыс. чел. (составлено по [Регионы России, 2014])

Fig. 3. Number of deaths and births in the CBSR, thous. people. (compiled using [Russian Regions, 2014])

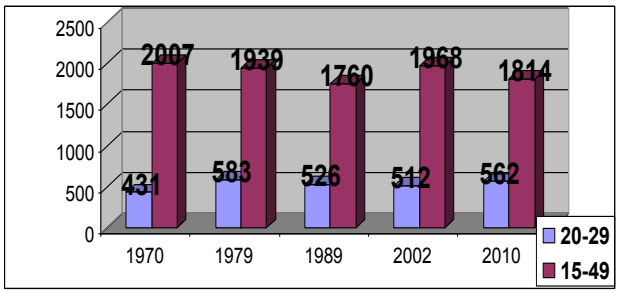


Рис. 4. Численность женщин фертильного возраста в ЦЧР, тыс. чел. (составлено по [Переписи 1970, 1979, 1989, 2002, 2010 гг.])

Fig. 4. The number of women of childbearing age in the CBSR, thous. people. (compiled using [Census 1970, 1979, 1989, 2002, 2010].)

Проведенные расчеты и последующий анализ коэффициентов парной регрессии показали, что при изучении динамики населения за отдельные годы значимостью обладает лишь коэффициент парной регрессии (a_1) в уравнение регрессии, отражающий связь между смертностью и динамикой сельского населения. Так, для 2006 года уравнение парной регрессии между смертностью и динамикой сельского населения Воронежской области в разрезе муниципальных районов имело следующий вид:

$$y = 150{,}7 + 0{,}343\,x$$

Результаты вычислений свидетельствуют о том, что с увеличением смертности на одну тысячу человек численность населения в районах Воронежской области уменьшается на 343 человека.

Анализ парной регрессии данных показателей между областями ЦЧР также приводит к выводу о росте значимости коэффициентов регрессии: в областях ЦЧР с увеличением смертности на тысячу человек численность населения уменьшается на 470 человек.

Для выражения связи динамики населения с рождаемостью и прибытием населения (миграциями) уравнение имеет следующий вид:

$$\hat{y}_{1,2,\ldots,k} = 38{,}4 - 0{,}07\,x_{1i} - 0{,}08\,x_{2i};$$

а для связи динамики населения со смертностью и выбытием населения (негативными факторами)

$$\hat{y}_{1,2,\ldots,k} = 135 - 0{,}190\,x_{1i} - 0{,}042\,x_{2i}.$$

Во множественной регрессии максимальное значение на динамику населения также оказывает смертность населения при большем росте ее влияния по сравнению с парной регрессией.

Динамическая взаимосвязь процессов воспроизводства населения во времени обусловлена их большой инерционностью и цикличностью. Развитие населения ЦЧР имеет волнообразный (понижающая волна) характер, что отражается во всех воспроизводственных характеристиках населения за 1970-2013 гг. В настоящее время пик подъема волны в ЦЧР пройден: показатели рождаемости и естественной убыли уже ухудшились и не будут улучшаться (рис. 5, 6.).

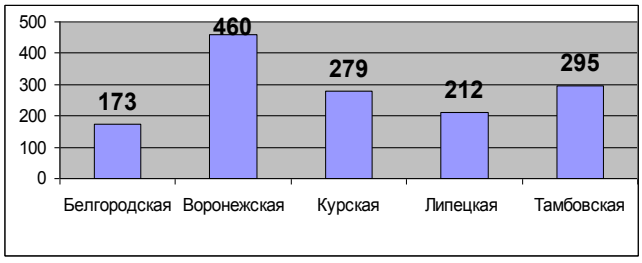


Рис. 5. Величина естественной убыли в областях ЦЧР в 1990-2013 гг., тыс. чел. (составлено по [Регионы России, 2003, 2014])

Fig. 5. The value of the natural decrease in the areas of the CBSR for 1990--2013., thous. people. (compiled using [Russian Regions, 2003, 2014])

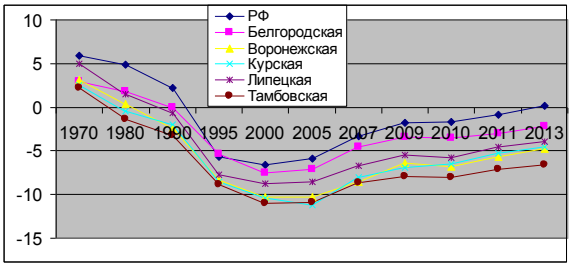


Рис. 6. Естественная убыль. 1970-2013 гг., (‰) (составлено по [Регионы России, 2003, 2014])

Fig. 6. The natural decrease. 1970-2013, (‰) (compiled using [Russian Regions, 2003, 2014])

Как мы отмечали выше, для ЦЧР относительно устойчивое состояние населения (без учета взаимодействия с другими территориями) возможно только при рождаемости около 20‰ в год, что практически недостижимо, учитывая углубляющийся кризис института семьи и стереотипы однодетности. Поэтому важнейшими проблемами в развитии естественного воспроизводства населения (особенно в сельской местности) остаются низкий суммарный коэффициент воспроизводства, высокая смертность мужчин в трудоспособном возрасте, высокая доля пожилого населения [Чугунова, 2005].

Проведенное анкетирование населения разных территорий ЦЧР подтвердило наши выводы о том, что подавляющее число респондентов ориентировано на 1-2 детей в семье и поэтому главным фактором развития естественного воспроизводства является численность женщин активного фертильного возраста. Составленная прогнозная матричная модель численности женщин возраста 20-29 лет, на которые приходится 2/3 рождений всех детей, показала, что при сохранении современного суммарного коэффициента воспроизводства падение рождаемости в 2025 г. составит 1,8-1,9 раза (рис. 7).

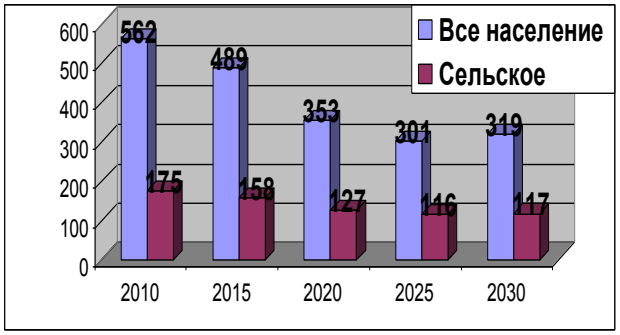


Рис.7. Прогноз численности женщин (20-29 лет) (тыс. чел.) (составлено по [Перепись 2010 г.])

Fig. 7. Forecast of the number of women 20-29 years) (thousand people.) (compiled using [Census 2010])

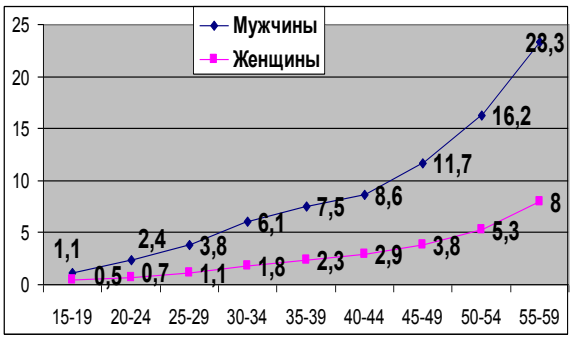


Рис. 8. Смертность населения в трудоспособном возрасте (‰) (составлено по [Демоскоп №647-648]

Fig. 8. The mortality rate of the population in working age (‰)(compiled using [Demographic Yearbook of Russia, 2013])

По расчетам института демографии НИУ ВШЭ, только ориентация молодой семьи на 4-5-детей и большие материальные стимулы (бесплатное жилье для многодетных семей или льготные кредиты) могут переломить ситуацию. Но мы сомневаемся в реализации подобной модели семьи.

Проблемы неустойчивого состояния населения ЦЧР и угрозы демографической безопасности района во многом обусловлены повышенной смертностью его населения. В 90-е гг. XX в. происходил ее непрерывный рост. Ключевой причиной смертности являются болезни системы кровообращения [Регионы России, 2014], уносящие более половины человеческих жизней. В последние десятилетия росло число смертей за счет несчастных случаев, отравлений и травм (смертность от противоестественных причин), что приводит к большим демографическим потерям. Максимально возможное сокращение смертности населения только от этих двух причин может обеспечить стабилизацию динамики населения в районе и стране.

Как мы уже отмечали, большой проблемой является смертность мужчин трудоспособного возраста (в 2,3-3,6 раза выше женской), вызванная причинами социального характера (алкоголизм, наркомания, преступность, тяжелые условия труда) (рис. 8). Смертность мужского населения в трудоспособном возрасте в ЦЧР и в РФ намного выше соответствующего показателя в развитых странах.

Помимо естественного движения, вторым не менее важным фактором в воспроизводстве населения являются *миграции*.

Миграционные процессы ЦЧР дифференцированы во времени и пространстве на всех уровнях. Их различия в территориальном разрезе существенны, что подтверждается возрастающей долей Белгородской области в составе населения ЦЧР, увеличением численности городских поселений, доминированием одних административных единиц над другими, в конечном итоге – внутрирайонными и внутриобластными перераспределениями населения и его концентрацией в крупнейших поселениях и пригородах агломераций [Лисецкий, Чугунова, 2014].

В XX в. миграционный оборот был очень высоким, в котором до 40-70% миграционного притока приходилось на областные центры. В 2000-е гг. миграционная активность населения ЦЧР снизилась, но осталась достаточно высокой: в Белгородской области, самом благоприятном в социально-экономическом отношении регионе, миграционный прирост населения составил 11 тыс. человек или 7‰ в среднем в год, Воронежской – 12,7 тыс. человек или 5‰, Липецкой – 3,3 тыс. человек или 3‰. В Курской и Тамбовской областях наблюдался миграционный отток населения (2,25 тыс. человек или -2‰, 0,9 тыс. человек или -0,8‰, соответственно) (рис. 10).

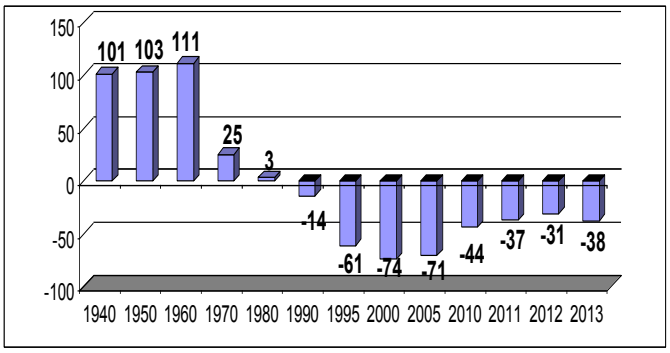


Рис. 9. Естественный прирост (убыль) в ЦЧР (тыс. чел.) (составлено по [Регионы России, 2003, 2014])

Fig. 9. Natural increase (decrease) in the CBSR (thousand people) (compiled using [Russian Regions, 2003, 2014])

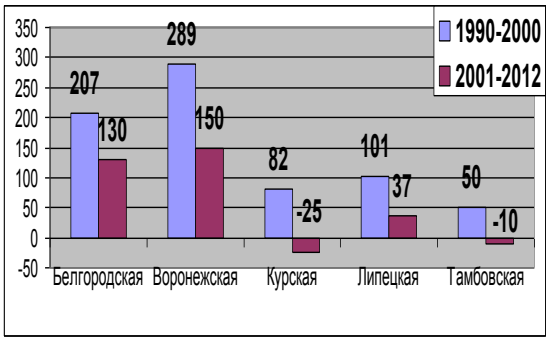


Рис. 10. Миграционный прирост (тыс. чел.) (составлено по [Демографический ежегодник России, 2013])

Fig. 10. Net migration (thousand people). (compiled using [Demographic Yearbook of Russia, 2013])

Следует отметить, что в сальдо миграции показатель «прибытие» населения в ЦЧР составил 81,9 тыс. чел. (2011 г.), из которых 69,7% приходится на другие регионы, 30,3% - на международную миграцию [Демографический ежегодник, 2013], что позволяет относительно стабилизировать ситуацию в регионе.

Миграции меняют территориальную организацию населения, особенно внутренняя миграция (прежде всего сельская), аттракторами которой являются областные урбанизированные зоны и города с относительной стабильной экономикой. В результате, происходит рост населения областных городов и пригородных муниципальных районов, соответственно, стабилизация всего городского населения (в условиях естественной убыли). (рис. 11).

Для определения прогноза (до 2100 г) численности и состава населения по полу и возрасту для закрытого населения, т. е. населения, не подверженного миграции, мы воспользовались методикой одного из авторов данной статьи [Белова, Крупко, 2013]. Расчеты показали, что при стабилизации рождаемости на современном уровне численность жителей ЦЧР снизится в 2030 г. до 5,8-6,1 млн., 2050 г. до 4,5–4,8 млн., к 2100 году до 3-3,5 млн. человек (рис. 12).

При самом благоприятном сценарии (второй вариант) прогноза (суммарный коэффициент воспроизводства населения 2,0), численность жителей ЦЧР снизится до 5,1-5,7 млн. человек в 2100 г. Сохранение современных многолетних тенденций рождаемости приведет к снижению численности населения до 1,0-1,3 млн. человек в 2100 году. Велика вероятность, что депопуляция негативно отразится на социально-экономическом развитии региона, степени его устойчивости уже в ближайшие десятилетия.

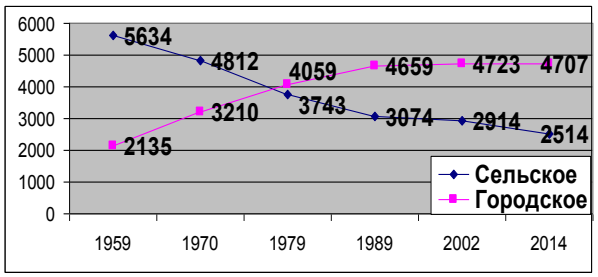


Рис. 11. Численность городского и сельского населения ЦЧР, тыс. чел. (составлено по [Регионы России, 2014])

Fig. 11. The urban and rural population in the CBSR, thousand. people. (compiled using [Russian Regions, 2014])

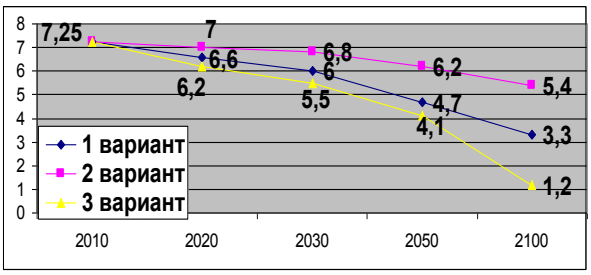


Рис. 12. Прогнозная численность населения ЦЧР (млн. чел.) (составлено по [Belova, Krupko. 2013]

Fig. 12. Target population in the CBSR (million people.) (compiled using [Belova, Krupko. 2013])

Таким образом, ЦЧР отличается в целом низкими воспроизводственными параметрами систем населения регионального уровня и неблагоприятной динамикой населения в большинстве МО, вызванных естественной убылью и миграционной составляющей. Особенно негативная динамика численности населения характерна для периферийных и полупериферийных сельских районов, что приводит к социальному и демографическому опустыниванию территорий. Социальное опустынивание в РФ характеризуется, прежде всего, разрушением социальной инфраструктуры периферии, концентрацией

ее в центрах. Демографическое опустынивание проявляется в более резком снижении плотности населения периферийных муниципальных районов регионов РФ. Поэтому плотность сельского населения в Новоусманском, Тамбовском, Белгородском и других «центральных» районах ЦЧР в 3-4 раза выше среднеобластных показателей.

Миграция сельского населения вызвана многими факторами, среди которых, с нашей точки зрения, главными являются: а) низкий уровень занятости населения, б) невысокая степень благоустройства сельской местности, в) монофункциональность сельской местности и малых городов. Последний фактор стал особенно сильно проявляться в новейшее время, когда изменилась система образования, выросла доля сельской молодежи с высшим образованием [Крупко, 2014 (а)]. «Молодежь, не находя сферы приложения труда, ориентируясь на высокие стандарты жизни в условиях всепроникающих процессов глобализации, Интернета мигрирует в крупные города» [Чугунова и др., 2015, С. 26]. Центростремительная миграция усиливается негативными социальными последствиями разреживания местных сетей обслуживания.

Заключение

Мы считаем, что главными индикаторами устойчивого состояния территориальных систем разного иерархического уровня могут быть постоянная занятость, высокие реальные доходы населения, благоприятная социальная среда. В РФ и ЦЧР есть возможности увеличения занятости населения в результате роста полифункциональности многих МО и больших размеров их территорий. Но следует учитывать рост производительности труда, общемировые тенденции снижения занятости (в XXI веке предполагается сокращение занятости населения в развитых странах в несколько раз) особенно в сельскохозяйственном производстве современных крупных организаций. Поэтому повышение степени устойчивости сельской местности должно быть направлено на рост уровня благоустройства, диверсификацию труда в межпоселенных центрах, что при улучшении транспортной доступности позволит сохранить сельское население. Теоретически возможна ситуация, в которой все СНП (кроме центра) будут выполнять функции сел-спален.

Устойчивость систем может быть достигнута развитием саморегулирования и саморазвития. Саморегулирование носит спонтанный характер и является внутренним свойством, в то время как управляемость может быть внешним фактором. Саморазвитие в настоящее время не обеспечивает воспроизводство населения в большинстве регионов и МО ЦЧР. За счет оптимальной управляемости социально-экономическими и миграционными процессами возможно достижение стабильного состояния населения. Значение саморегулирования и управляемости на данном этапе развития общества резко возрастает, как и противоречивость этих свойств. Рыночные механизмы усиливают саморегуляцию процессов нецелесообразного управленческого воздействия. Важно определять причины, способы, меры управленческого воздействия, позволяющие повысить уровень жизни и безопасности населения, т. е. определить саморегуляцию и управляемость в нужных соотношениях и пропорциях.

Для оценки уровня устойчивого развития населения общественных систем необходимы количественные и качественные критерии, которые должны отражать минимальный, оптимальный уровни устойчивости и разницу между его нынешним состоянием и устойчивым положением (развитием). Кроме лимитирующих показателей, с учетом концепции устойчивого развития, необходимо определить оптимальные параметры численности населения отдельных территорий, социально-экономические показатели развития остальных подсистем, соотношений между ними. Считаем, что соотношение между необходимой численностью населения системы и ее социально-экономической составляющей зависит от следующих факторов: природных, социально-экономических, социально-духовных, политических, институциональных. Для устойчивого развития систем не обязательна положительная динамика населения в МО. Если темпы роста производительности труда выше темпов снижения численности трудовых ресурсов, то в МО будет наблюдаться экономический рост. При этом устойчивое развитие населения в общественной системе подразумевает эффективное функционирование и сбалансированное соотношение различных элементов общественной системы, обеспечивающих полноценное воспроизводство человеческого потенциала. Поэтому под устойчивым развитием населения мы понимаем такое его состояние, которое обеспечивает в ближайшей и дальней перспективах гармоничное функционирование территориальной общественной системы и повышение уровня жизни и безопасности населения.

Несмотря на актуальность, теория исследования устойчивого развития компонентов социально-экономических систем находится в стадии становления. Изучение проблем устойчивости и устойчивого развития остаются ориентированными на проблемы сохранения природной среды или на достижение частных проблем и аспектов социально-экономико-экологического характеров. Для достижения устойчивого состояния страны, ее регионов и МО необходимо на комплексной основе с использованием системно-структурного подхода создавать и развивать теорию и методологию исследования устойчивости развития сложных пространственных систем, разрабатывать теоретические положения и научно-методические основы оптимизации управления, как отдельных подсистем, так и систем в целом.

Список литературы
References

1. Белова В.А., А.Э. Крупко. 2013. Демографические аспекты устойчивого развития ЦЧР. Тамбов, ТГУ, Т. 18. Вып. 2: 565-569.

Belova V.A, A.E. Krupko. 2013. Demograficheskie aspecty ustojchivogo razvitiya CCHR. Tambov, TGU, T. 18. Vyp. 2: 565-569.

2. Бобылев С.Н., Гирусов Э.В., Р.А. Перелет. 2004. Экономика устойчивого развития. М.: Ступени: 303.

Bobylev S.N., Girusov E.V., Pereplet P.A. 2004. Economica ustojchivogo razvitiya. M: Stupeni: 303.

3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 12.11.2012).

Gradostroitelnyj codecs Rossijskoj Federacii ot 29.12.2004 N190-FS (red. Ot 12.11.2012).

4. Демографический ежегодник России. 2013. Стат.сб. М.: Росстат: 543.

Demograficheskij ezhegodnik Rossii. 2013. Stat. sb. M: Rosstat: 543.

5. Коэффициент суммарной рождаемости, 1950-2013. Демоскоп 647-648. 15-30 июня 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.demoscope.ru/weekly/app/app4007.php. (01 июля 2015).

Koefficient summarnoj rozhdaemosti, 1950-2013. Demoscop 647-648. 15-30 ijunia 2015. [Electronic resource]. - URL: http://www.demoscope.ru/weekly/app/app4007.php. (01 ijulia 2015).

6. Крупко А.Э. 2014. Моделирование и прогнозирование устойчивого развития муниципальных образований ЦЧР. Воронеж: 176.

Krupko A.E. 2014. Modelirovanie i prognozirovanie ustojchivogo razvitiya municipalnykh obrazovanij CCHR. Voronezh: 176.

7. Крупко А.Э. 2014 (а). Проблемы устойчивого развития муниципальных образований России. Воронеж. Ж. Финансы, экономика, стратегия. 8: 17–22.

Krupko A.E. 2014 (a). Problemy ustojchivogo razvitiya municipalnykh obrazovanij Rossii. Zh. Finansy, economica, strategia. 8: 17-22.

8. Лисецкий Ф.Н., Чугунова Н. В. 2014. Расселение населения муниципальных образований Белгородской области как основной фактор в реализации концепции «Район-Парк». Научные ведомости НИУ «БелГУ». Серия: Экономика, Информатика. 1 (172). Вып. 29/1: 46-55.

Lisiecki F.N., Chugunova N.V. 2014. Rasselenie naselenia municipalnykh obrazovanij Belgorodskoj oblasti kak osnovnoj factor v realizacii contcepcii «Rajon-park». Nauchnye vedomosti NIU «BelGU». Seria: Economica, Informatica. 1 (172). Vyp. 29/1: 46-55.

9. Меренкова И.Н., 2011. Устойчивое развитие сельских территорий: теория, методология, практика: автореф. дис. ...д-ра экон. наук. Воронеж: 50.

Merenkova I.N., 2011. Ustojchivoe razvitie selskikh territoriy: teoria, metodologia, praktika: avtoref. dis. ... d-ra econ. nauk. Voronezh: 50.

10. Переписи населения. Демоскоп 649-650. 1 июля - 23 августа 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php?cy=1 31 августа 2015.

Perepisi naselenia. Demoscop 649-650. 1 iyulia - 23 avgusta 2015. [Electronic resource]. - URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php?cy=1 31 avgusta 2015.

11. Регионы России. 2014. Социально-экономические показатели: Стат. сб. Росстат. М.: 900.

Regiony Rossii. 2014. Socialno-economicheskie pokazateli. Stat. sb. Rosstat. M: 900.

12. Суммарный коэффициент рождаемости по субъектам РФ. 2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://przysiecki.livejournal.com/2486.html (07.05.2015).

Summarny koefficient rozhdaemosti po subektam RF. 2013. [Electronic resource]. - URL: http://przysiecki.livejournal.com/2486.html (07.05.2015).

13. Ускова Т.В. 2009. Управление устойчивым развитием региона. Вологда: ИСЭРТ РАН: 355.

Uskova T.V. 2009. Upravlenie ustojchivym razvitiem regiona. Vologda: ISERT RAN: 355.

14. Хицков И.Ф., Г.И. Макин, Г.Ф. Федоров. 2006. Экономика АПК областей ассоциации «Центрально-Черноземная» ЦФО РФ. Воронеж: 208.

Khickov I.F. G.I. Makin, G.F. Fedorov. 2006. Economica APK oblastey associacii «Centralno-Chernozemnaia» CFO RF. Voronezh: 208.

15. Хорев Б. С., Смидович С. Г. 1981. Расселение населения. (Основные понятия и методология). М.: 192.

Khorev B.S., Smidovich S.G. 1981. Rasselenie naselenia. (Osnovnye poniatia i metodologia). M: 192.

16. Чугунова Н.В. 2005. Демографические тупики и возможные варианты их преодоления. Вестник ВГУ. Серия География. Геоэкология. 2: 79-87.

Chugunova N.V. 2005. Demograficheskie tupiki i vozmozhnye varianty ikh preodolenia. Vestnik VGU. Seria Geografia, Geoecologia. 2. 79-87.

17. Чугунова Н.В., Т.А. Полякова, С.А. Игнатенко, Н.В. Лихневская. 2015. Пространственно-временное развитие Белгородской агломерации в условиях глобальных процессов урбанизации, Научные ведомости НИУ «БелГУ». Серия: Экономика. Информатика. 7 (204). Вып. 34/1: 23-29.

Chugunova N.V., T.A. Poliakova, S.A. Ignatenko, N.V. Likhnevskaia. 2015. Prostranstvenno-vremennoe razvitie Belgorodscoy aglomeracii v usloviakh globalnykh processov urbanizacii. Nauchnye vedomosti NIU «BelGU». Seria: Economica, Informatica. 7 (204). Vyp. 34/1: 23-29.

УДК 332.13

АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ФАКТОРОВ ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ В РЕГИОНЕ
ANALYSIS OF INFRASTRUCTURE FACTORS OF INDUSTRIAL DEVELOPMENT IN THE REGION

С.Н. Растворцева, Е.Э. Колчинская, В.С. Савченко
S.N. Rastvortseva, E.E. Kolchinskaya, V.S. Savchenko

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, 198088 Санкт-Петербург, ул. Промышленная, 17

Belgorod State National Research University, 85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia
Higher School of Economics, 198088 St. Petersburg, ul. Industrial, 17

E-mail: Rastvortseva@bsu.edu.ru, ekolchinskaya@hse.ru

Аннотация. Развитие промышленного производства в России является важным фактором повышения конкурентоспособности и эффективности экономики страны, а, следовательно, и благосостояния ее граждан. Учеными выделяется ряд причин, влияющих на динамику промышленного производства. Данная статья посвящена исследованию одной из них – влиянию инфраструктурных факторов на развитие промышленности.

В условиях плановой экономики не всегда решения о размещении производства принимались на основании инфраструктурного удобства территории. Однако в современных рыночных условиях предприятия возникают там, где уже есть подходящие для них условия, поэтому важно оценить роль инфраструктурных факторов в развитии промышленности.

В данном исследовании использовался метод регрессионного анализа. Использованы данные по 80 регионам России за 2005-2013 гг. Из 24 показателей транспортной инфраструктуры регионов было отобрано 12. Наибольшие значения в модели оказались у коэффициентов при показателях числа профессиональных образовательных организаций, осуществляющих подготовку специалистов среднего звена, и протяженности уличных тепловых и паровых сетей.

Resume. The development of industrial production in Russia is an important factor in improving the competitiveness and efficiency of the economy and, consequently, welfare of its citizens. Scientists consider a number of factors affecting the dynamics of industrial production. This article is devoted to the study of one part of them - the influence of infrastructural factors on the development of the industry.

In a planned economy a decision about plant's construction is not always based on infrastructural conditions of a territory. However, in the current conditions of a market economy business goes on suitable territory and so it is important to evaluate the role, in particular, infrastructure factors in the development of the industry.

In this study, we used the method of regression analysis. We used data from 80 regions of Russia in 2005-2013. Of the 24 found indicators of regional transport infrastructure 12 has been selected. The highest values in the model were at the coefficients of the quantity of professional educational institutions that train specialists and extent of street heat and steam networks.

Ключевые слова: промышленность России, инфраструктура региона, производственная функция, размещение производства, социальная инфраструктура.

Key words: Russian industry and infrastructure in the region, the production function, the location of production, social infrastructure.

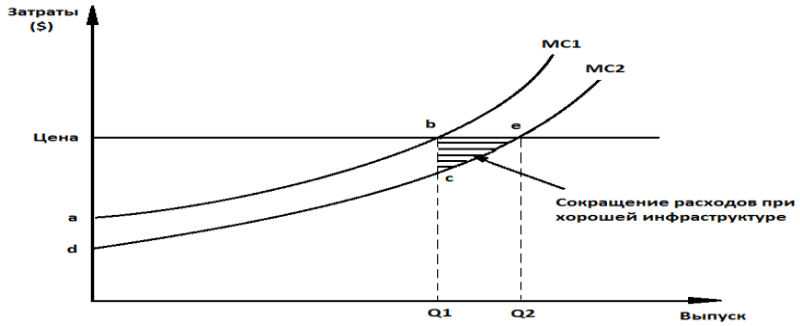
Введение

На сегодняшний день, по данным Всемирного экономического форума, Россия находится на переходном от «эффективного» к «инновационно-ориентированному» развитию. Для достижения высокого уровня конкурентоспособности важно обеспечить стабильность всех ее факторов. Одним из основных условий успешного развития экономики страны является качество инфраструктуры. В 2011 году Россия по данному показателю находилась на 47 месте (из 144 стран), в 2013 год – на 39 (из 144). Таким образом, мы можем отметить как положительную динамику, с одной стороны, так и необходимость дальнейшего повышения качества инфраструктуры, с другой.

Целью исследования, результаты которого отражены в данной статье, является определение инфраструктурных факторов промышленного развития в регионе. Задачи исследования: определить теоретические основы, рассмотреть используемые подходы к исследованию и представить библиографию вопроса, определить методологию влияния инфраструктуры на промышленное развитие региона, построить экономико-математическую модель такого влияния, апробировать ее в регионах России, дать оценку основным инфраструктурным факторам, способствующим развитию промышленности в регионе.

Традиционно считается, что развитие промышленности стимулирует совершенствование инфраструктуры. Однако и высокое качество последней привлекает новые фирмы в регион и увеличи-

вает объем производства. Рассмотрим, как в условиях рыночной экономики инфраструктура оказывает влияние на развитие промышленности (рис. 1).

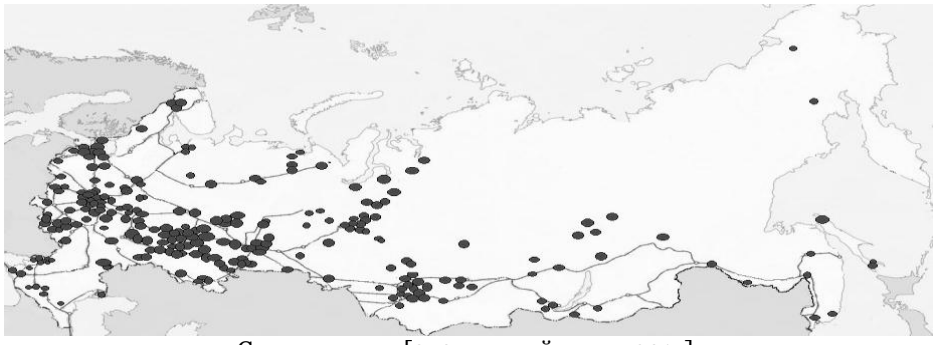


MC1 – marginal costs – предельные издержки при низком качестве инфраструктуры;
MC2 – marginal costs – предельные издержки при высоком качестве инфраструктуры.
Источник [Ahmed, Donovan, 1992].

Рис. 1. Эффективность производства при высоком и низком качестве инфраструктуры
Fig.1. Production efficiency at high and low quality infrastructure

На данном графике видно, что при недостаточно развитой инфраструктуре затраты на производство будут выше. Как только качество инфраструктуры повышается, затраты на производство каждой дополнительной единицы продукции снижаются (кривая MC1 сдвигается вправо), а значит можно произвести больший объем продукции при тех же затратах.

Развитие инфраструктуры отражается на географическом размещении производства. На территории России промышленные объекты добывающего сектора экономики располагаются вдали от транспортных узлов. Обрабатывающие предприятия предпочитают находиться вблизи городов с высоким качеством развития инфраструктуры и емким рынком сбыта готовой продукции. Производство и распределение электроэнергии, газа и воды находятся вблизи крупных городов и даже предприятий. На рисунке 2 представлена карта, на которой показано расположение крупнейших промышленных центров и железнодорожные направления России.



Составлено по [250 крупнейших..., 2015].

Рис. 2. Расположение крупнейших промышленных центров
и железнодорожные направления России в 2013 году
Fig.2. The location of the largest industrial centers and railway lines of Russia in 2013

На карте можно увидеть, что большая часть промышленных объектов находится на небольшом расстоянии от железных дорог.

В узком смысле к инфраструктуре относится транспортная инфраструктура, IT-технологии, энергетическая отрасль и коммунальные услуги, в то время как в широком смысле инфраструктура включает в себя также здравоохранение, науку и образование, культуру и полицию [Boopen, 2006]. Выделяют транспортную, социальную, производственную и инженерную инфраструктуру (табл. 1).

Отдельные ученые [Экономика..., 2000] выделяют рыночную инфраструктуру, к которой относят биржи, брокерские фирмы, финансовые институты, налоговые органы. Задачи рыночной инфраструктуры – объединение сферы производства, распределения, обращения и потребления в единую цепочку, обеспечения ускоренного оборота материальных, финансовых и информационных потоков, повышение эффективности развития региона. А. Стефан [Stephan, 2001] в своем исследовании рассматривал только транспортную инфраструктуру и доказал ее решающую роль в промышленном производстве. Д. Холтз-Иакин и М. Ловли [Holtz-Eakin, Lovely, 1995] , как и Р. Морено и Е. Лопез-Базо [Moreno, López-Bazo, 2003] , исследовали только общественную инфраструктуру, к которой отнесли

транспорт и связь. Было выявлено, что инфраструктура играет немного меньшую роль в промышленном производстве, чем это ожидалось, однако как фактор она присутствует - влияние инфраструктуры на промышленность выражается в снижении цены на продукцию [Stephan, 2001; Holtz-Eakin, Lovely, 1995]. По Мартину П. и Роджерсу С. [Martin, Rogers, 1995], общественная инфраструктура влияет на размещение промышленных объектов и на торговлю внутри и между странами. Организации стремятся располагать свои площадки в местах с хорошо развитой инфраструктурой. Это позволяет снизить издержки производства и реализации.

Таблица 1
Table 1

Понятие основных видов инфраструктуры
The concept of the main types of infrastructure

Вид инфраструктуры	Понятие
Транспортная	Объекты, выполняющие перевозки, такие как автомобили, поезда, самолеты, а также объекты, обеспечивающие их выполнение и обслуживание (например, автомобильные и железные дороги)
Социальная	Комплекс отраслей, функционирование которых способствует устойчивому социально- экономическому развитию региона, повышению качества жизни населения. К таким отраслям относят здравоохранение, образование, культуру и спорт [Антонюк, Буликеева, 2013, с. 34].
Производственная	Совокупность объектов, создающих и обеспечивающих общие условия, необходимые для нормального функционирования общественного производства [Матвеев, Трубецкая, 2012, с. 642].
Инженерная	Система коммуникаций и объектов водоснабжения, теплоснабжения, газоснабжения [Постановление..., 2006].

Мы считаем, что отдельным видом можно выделить информационную инфраструктуру. Снижение издержек на получение и обмен информацией позволит предприятиям сократить свои расходы, а значит, повысить эффективность. Значительный эффект имеет развитие информационной инфраструктуры на общерегиональном уровне. Полноценный и недорогой доступ к информации и современным средствам коммуникации создает стимулы для предприятий к включению в развитие инновационных видов деятельности (для обеспечения собственной конкурентоспособности) или к использованию более инновационных технологий в традиционных видах деятельности (с той же целью). Развитие информационной инфраструктуры на уровне региона будет способствовать повышению социально-экономической эффективности его развития.

Высокое качество инфраструктуры может иметь как положительные, так и отрицательные эффекты для региона и его экономики. Например, транспортная инфраструктура негативно отражается на окружающей среде, производя выбросы в атмосферу, загрязняя воду и почву рядом с трассами. Однако без развитой транспортной инфраструктуры невозможно развитие промышленности. Аналогичные выводы можно сделать и в отношении других составляющих инфраструктуры: без сотовых вышек не будет мобильной связи и интернета, без водопровода не будет водоснабжения на предприятиях и т.д.

Считаем, что отдельной экономической категорией можно выделить инфраструктурный потенциал. *Инфраструктурный потенциал* – это комплекс производственных и непроизводственных отраслей, которыми располагает регион для обеспечения условий воспроизводства: дороги, связь, транспорт, здравоохранение и т.д. [Martin, Rogers, 1995].

Важность инфраструктуры для экономического развития подчеркивали многие ученые. М.Портер в своей теории конкурентных преимуществ качество инфраструктуры ставил в один ряд с такими факторами, как земля, труд, капитал и уровень образования работников. Исследование эффективности развития регионов Индии Ш. Бхайдом и К. Камирайном [Bhide, Kalirajan, 2007] выявило в качестве ключевых факторов развитие человеческого капитала и инфраструктуры.

Размещение и развитие промышленного производства в пространственной экономике обуславливается рядом факторов, основным из которых является его специфика, выраженная в степени зависимости от конкретных ресурсов и целевого рынка сбыта. Классические теории размещения (модели И.Тюнена [Тюнен, 1926], В Лаунхардта [16, 1993], А. Вебера [Вебер, 1929], Г. Хотеллинга [Hotelling, 1929] и др.) объясняли расположение предприятий территориально вблизи рынка сбыта продукции и нахождения необходимых ресурсов. При этом уже А.Вебер и А. Лёш указывали на агломерационные эффекты – преимущества концентрации производства на одной территории. А.Вебер подчеркивал выгоды от возможной более узкой специализации, А. Леш выделял следующие преимущества агломерационных процессов:

1. общий рынок труда большего размера, позволяющий предприятиям быстрее и эффективнее найти необходимых специалистов, а работникам – трудоустроиться;

2. аккумуляция неявных знаний: в условиях концентрации экономической активности наиболее способные представители профессий имеют возможность работать совместно, увеличивая при этом совместные достижения;

3. возможность совместного пользования объектами инфраструктуры для предприятий: «единой железнодорожной станцией, улицами, канализацией, более дешевой водой и электричеством» [Lösch, 1954].

Логично предположить, что для возможности совместного пользования объектами инфраструктуры, ее уровень должен быть достаточно высоким.

Х. Саито и М. Гопинас [Saito, Gopinath, 2009] в исследовании эффективности развития регионов Чили пришли к выводу, что предприятия с наиболее высокой эффективностью (обычно работающие на экспорт), сконцентрированы в регионах с развитой инфраструктурой. Как правило, эти регионы отличаются сосредоточением мелких и средних предприятий, работающих в данной отрасли; предприятий других отраслей, выполняющих вспомогательные функции; диверсифицированной структурой и емким рынком. Комбинация данных условий в совокупности с развитой инфраструктурой обеспечивает рост эффективности развития региона в целом.

Дж. Парк, С. Шин и Г. Сандерс [Park, Shin, Sanders, 2007] в качестве ключевых факторов социально-экономического развития региона выявили такие, как открытость региональной экономики, инновативность, эффективность капитала и развитие инфраструктуры в секторе информационных технологий.

От качества инфраструктуры зависит и возможность развития внешнеэкономической деятельности, что, в свою очередь, стимулирует промышленное производство. Создание свободных экономических зон, совершенствование транспортной инфраструктуры и активная работа предприятий позволит конструктивно использовать внешнеэкономический фактор, преимущества международного разделения труда, что положительно отразится на региональной эффективности в целом.

Организация единой централизованной системы экономической инфраструктуры способствует эффективному развитию производства наряду с такими факторами, как кооперация процесса труда при территориальной концентрации производства, рациональное использование природных ресурсов и созданных в регионе экономических условий, рациональное использование трудовых ресурсов [Park et al., 2007, Сергеев с соавт., 1985].

Необходимо отметить, что большинство работ по данной тематике ограничивается рассмотрением только транспортной инфраструктуры. Это, например, работа [Boopen, 2006], в которой рассматриваются регионы Африки к югу от Сахары, и для них автор получает, что влияние транспортной инфраструктуры значительно больше других факторов.

Объект и методы исследования

Влияние инфраструктуры на промышленное развитие региона можно проследить через выполнение закона экономии рабочего времени. Он утверждает, что при прочих равных условиях стоимость продукта труда сравнительно ниже у тех экономических субъектов, которые затратили меньше времени на его создание. При уменьшении затрат времени на создание продукта труда увеличивается объем выпуска продукции, растет производительность труда. Следовательно, совершенствование инфраструктуры региона будет не только благоприятно сказываться на инвестиционном климате (а значит, увеличивать число промышленных предприятий), но и сокращать время, затрачиваемое на производство товаров и оказание услуг, то есть повышать производительность труда и экономическую эффективность в целом.

Оценка влияния факторов на развитие промышленного производства чаще всего происходит через построение производственной функции. Производственная функция может быть представлена выражением [Экономико-математический..., 2003]

$$y = f(x) \text{ или } y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n), \quad (1)$$

где y – конечная функция;

$x_1, x_2, \ldots, x_n$ – производственные факторы;

n – число факторов.

Производственная функция (1) показывает, что результат экономической деятельности (в производстве – объем выпуска, в регионе – ВРП) совершенно определенно зависит от объема использованных факторов производства. Иногда целесообразно представить зависимость переменной не от объема использованных факторов, а наоборот, оценить объем необходимых факторов производства в зависимости от результирующего показателя.

Производственная функция отражает процесс комбинирования, который может охватывать как отдельное предприятие, так и региональную экономику в целом.

Если рассматривать целое число M экономических субъектов, исходя из предложения об идентичности функции одинаковых производственных единиц, то управление производственной функции примет вид:

$$y \cdot M = f(x_1, x_2, \ldots, x_n) \cdot M \tag{2}$$

Инструментарий производственной функции может быть эффективно использован на региональном уровне. В работе американских экономистов Карла Кобба и Пауля Дугласа производственная функция предстает в следующем виде [Барр, 2004]:

$$P = b \cdot L^k \cdot C^{1-k} \tag{3}$$

где P – объем совокупного производства;
L – количество используемого труда;
C – запас основного капитала;
b, k – постоянные величины;
b – коэффициент размеров, который зависит от используемых единиц измерения.

Производственная функция Кобба-Дугласа определяет взаимозаменяемость труда и капитала.

При применении производственной функции (3) необходимо, чтобы сумма степеней показателей L и C равнялась 1. Функция является однородной и линейной и показывает постоянные масштабы производства.

Проверка на однородность дает:

$$P \cdot \lambda^{\varepsilon} = b(L^k \cdot \lambda^k) \cdot (C^{1-k} \cdot \lambda^{1-k}) = b\left(L^k \cdot C^{k-1} \cdot \lambda\right) \tag{4}$$

Функция Кобба-Дугласа – гомогенная степени 1.
Параметр k для производственной функции (3) рассчитывается по следующей формуле:

$$\frac{\sum_{j=1}^{n} \lg \frac{L_j}{C_j} \left(\sum_{j=1}^{1} \lg P_j - \sum_{j=1}^{1} \lg C_j \right) - n \cdot \left[\sum_{j=1}^{n} \left(\lg P_j \cdot \lg \frac{L_j}{C_j} \right) - \sum_{j=1}^{n} \left(\lg C_j \cdot \lg \frac{L_j}{C_m} \right) \right]}{\left(\sum_{j=1}^{n} \lg \frac{L_j}{C_j} \right)^2 - n \cdot \sum_{j=1}^{n} \lg^2 \frac{L_j}{C_j}}$$

$$\lg b = \frac{\sum_{j=1}^{n} \lg P_m - \sum_{j=1}^{n} \lg C_m - k \cdot \sum_{j=1}^{n} \lg \frac{L_j}{C_j}}{n}. \tag{5}$$

Для учета феноменов растущей и падающей производительности используется производственная функция Кобба-Дугласа:

$$P = b \cdot L^k \cdot C^j \tag{6}$$

где $k + j = 1$

Показатели степени k и j выражают эластичность производства по отношению к труду и капиталу.

В условиях совершенной конкуренции функция (6) показывает, что доля труда и основного капитала в совокупном продукте будет равной размерам их относительной эластичности. При наличии совершенной конкуренции каждый фактор имеет норму вознаграждения, равную своему предельному продукту.

Для производственной функции (1) соотношение $\frac{\partial y}{\partial x_j}$ является предельной производительностью фактора $j = 1,2,\ldots,n$ и рассчитывается как

$$\frac{\partial y}{\partial x_j} = \frac{\partial f\left(x_1, x_2, \ldots, x_n\right)}{\partial x_j} \tag{7}$$

Отношение $\frac{\partial y}{\partial x_j}$ представляет собой меру увеличения значения производственной функции и показывает, как изменяется объем производства, если объем использования фактора j увеличивается или уменьшается на бесконечно малую величину, а объем использования остальных факторов остается неизменным. Расчет частной предельной производительности означает, что изменение объема выпуска ∂y ставится в соответствие изменению объема ∂x_j использования исключительно фактора j. Используя различные факторы j в (7) можно определить реальную возможность повышения эффективности от увеличения объемов фактора j.

В функции Кобба-Дугласа (6) при дифференцировании частично P по отношению к L, получим предельную производительность труда

$$\frac{\partial P}{\partial L} = k \cdot b \cdot L^{k-1} \cdot C^j. \tag{8}$$

преобразуя выражение (8), получим

$$\frac{\partial P}{\partial L} = k \cdot \frac{P}{C}. \tag{9}$$

При норме заработной платы w, равной $k \cdot \frac{P}{L}$, совокупная масса зарплаты W будет составлять в этих условиях

$$W = w \cdot L = L \cdot k \cdot \frac{P}{L} = k \cdot p \quad (10)$$

Доля заработной платы в совокупном доходе будет равна

$$\frac{W}{P} = k \quad (11)$$

Эта доля идентична показателю степени k в производственной функции. При помощи аналогичного рассуждения можно выяснить, что относительная доля основного капитала в совокупном доходе будет равна

$$\frac{C}{P} = j \quad (12)$$

Из производственной функции Дуглас выводит «гибкость» кривых предельной производительности факторов, которые были бы необходимы для сохранения их постоянного размера в доходе.

В региональной экономике используются различные виды производственной функции. В исследовании Р. Холла и Ч. Джонса [Hall, Jones, 1999] основным фактором эффективности, который формирует главную причину различий стран мира по уровню экономического развития, выдвигается социальная инфраструктура. Данную категорию исследователи предлагают рассматривать как государственную и институциональную политику, формирующую экономическую среду. Для повышения эффективности производства требуется такая социальная инфраструктура, которая способствовала бы повышению производственной активности, накоплению капитала, внедрению новых технологий. Производственная функция имеет следующий вид:

$$Y_i = K_i^a \left(A_i H_i\right)^{1-a}, \quad (13)$$

где A_i - показатель эффективности использования труда в *i*-ой стране,

$H_i = e^{\phi(\tau)} L_i$ - рабочая сила, с учетом вложений в интеллектуальный капитал,

$\phi(\tau)$ - эффективность единицы рабочей силы, имеющей τ лет образования, по сравнению с имеющей нулевое образование ($\phi(0) = 0$).

Показатель эффективности можно выделить непосредственно из самой производственной функции:

$$y_i = \left(\frac{K_i}{Y_i}\right)^{a/(1-a)} h_i A_i \quad (14)$$

где $y = Y / L$ - производительность труда,

$h = H / L = e^{\phi(\tau)}$ - относительная эффективность единицы рабочей силы, имеющей τ лет образования.

Исследование проводилось по 80 регионам России. В общую выборку не принимались данные по Республике Крым, г. Севастополь, отдельно не выделялись Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский федеральные округа. Период исследования – 2005-2013 гг. Построение модели проводилось методом пошаговой регрессии и наименьших квадратов. На первом этапе анализа на основе теоретических положений и наличия статистической информации были отобраны 24 факторных показателях развития инфраструктуры в регионе (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Показатели инфраструктуры как факторы развития промышленности в регионе
Indicators of infrastructure as factors in the development of industry in the region

Вид инфраструктуры	Показатели
1	*2*
Транспортная	Отправлено пассажиров железнодорожным транспортом, тыс. чел. на 10 тыс. чел. населения Перевозки пассажиров автобусами общего пользования, тыс. чел. на 10 тыс. чел. населения Число автобусов общего пользования, ед. на 100 тыс. чел. населения Плотность железнодорожных путей общего пользования, км. на 10 тыс. кв. км. территории Плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, км. на 1 тыс. кв. км. территории Отправлено грузов железнодорожным транспортом общего пользования, тыс. т на 1 тыс. чел. населения Перевозки грузов автомобильным транспортом организаций всех видов деятельности, тыс. т на 1 тыс. чел. населения

Окончание табл. 2

1	2
Социальная	Число общеобразовательных организаций, ед. на 10 тыс. чел. населения Численность обучающихся общеобразовательных организаций, чел. на 10 тыс. чел. населения Число профессиональных образовательных организаций, осуществляющих подготовку квалифицированных рабочих, служащих, ед. на 10 тыс. чел. населения Численность студентов, обучающихся по программам подготовки квалифицированных рабочих, служащих, чел. на 10 тыс. чел. населения Число профессиональных образовательных организаций, осуществляющих подготовку специалистов среднего звена, ед. на 10 тыс. чел. населения Численность студентов, обучающихся по программам подготовки специалистов среднего звена, чел. на 10 тыс. чел. населения Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, чел. на 10 тыс. чел. населения Число больничных организаций, ед. на 100 тыс. чел. населения Число амбулаторно-поликлинических организаций, ед. на 100 тыс. чел. населения Число больничных коек, ед. на 10 тыс. чел. населения Численность врачей, чел. на 10 тыс. чел. населения Численность среднего медицинского персонала, чел. на 10 тыс. чел. населения
Производственная	Число подключенных абонентских устройств подвижной радиотелефонной связи, ед. на 1 тыс. чел. населения Наличие квартирных телефонных аппаратов сети общего пользования, ед. на 1 тыс. чел. населения
Инженерная	Протяженность уличных канализационных сетей, км. на 10 тыс. кв. км. территории Протяженность тепловых и паровых сетей, км. на 10 тыс. кв. км. территории Протяженность уличных водопроводных сетей, км. на 10 тыс. кв. км. территории

В качестве результирующего показателя использовался «объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами» по видам экономической деятельности – обрабатывающие производства.

Результаты и их обсуждение

Для адекватности модели в нее были включены факторные переменные, отражающие труд и капитал (согласно производственной функции Кобба-Дугласа): фонд заработной платы в промышленном производстве региона и стоимость основных фондов. Финансовые показатели были скорректированы с учетом индекса цен.

В ходе проверки построенной выборки (720 наблюдений) на выбросы и нормальность распределения были удалены 23 выброса, а именно: Тюменская область за весь период, Чеченская республика и Сахалинская область – частично.

Далее из представленных факторных переменных были исключены семь факторов, которые показывают высокий уровень взаимной корреляции. После проведения пошаговой регрессии были получены следующие наиболее значимые факторы инфраструктуры для промышленного развития региона (табл. 3).

Таким образом, мы видим, что с высокой вероятностью положительно на промышленное развитие региона влияют годовая заработная плата работников, фондовооруженность, оснащенность региона автобусами общего пользования, число подключенных абонентских устройств радиотелефонной связи. Коэффициенты при этих переменных значимы на однопроцентном уровне. Однако, значения коэффициентов при последних двух показателях достаточно небольшие. Первые два фактора – годовая заработная плата работников промышленности и фондовооруженность основных фондов – классически отражают значимость труда и капитала для промышленности. По их влиянию на производство и экономический рост региона в целом написано много работ, и мы не будет акцентировать здесь свое внимание. Остановимся более подробно на выявленных факторах инфраструктуры.

Пассажирские перевозки автобусами являются самым массовым и доступным способом регулярного передвижения работников предприятий (в том числе, и промышленных). Поэтому получается, что этот транспортный показатель играет большую роль, чем другие рассматривавшиеся - показатели плотности и интенсивности использования автомобильных и железных дорог (см. табл. 3). Учитывая тот факт, что труд в полученной производственной функции играет большую роль, чем капитал, кажется логичным большее значение инфраструктуры, обслуживающей персонал, чем инфраструктуры, обслуживающей остальные факторы производства.

В данной сфере (пассажирские перевозки) можно определить наличие ряда проблем. Во-первых, это обновление парка машин и его пополнение подвижным составом. Муниципальные или региональные транспортные предприятия часто не в состоянии решить эту проблему собственными

силами. Во многих регионах предусмотрено субсидирование городских и сельских перевозок пассажиров (льготных категорий). При этом, транспортные предприятия не могут накопить достаточных средств для своевременной замены подвижного состава, а, значит, здесь требуется поддержка регионального бюджета.

Таблица 3
Table 3

Коэффициенты уравнения регрессии промышленного производства и основных инфраструктурных факторов
The coefficients of the regression equation of industrial production and key infrastructural factors

	Коэффициент	Стандартная ошибка	Уровень значимости, %
1	2	3	4
Константа (свободный член уравнения)	-2.38548	0.778	5
Годовая заработная плата работников промышленности, млн. руб.	0.48774	0.043	1
Фондовооруженность основных фондов в промышленности, тыс. руб. на тыс. занятых	0.30456	0.080	1
Число профессиональных образовательных организаций, осуществляющих подготовку специалистов среднего звена, ед. на 10 тыс. чел. населения	0.65551	0.312	10
Численность врачей, чел. на 10 тыс. чел. населения	0.00438	0.002	10
Численность среднего медицинского персонала, чел. на 10 тыс. чел. населения	0.00377	0.002	10
Число автобусов общего пользования, ед. на 100 тыс. чел. населения	0.00318	0.001	1
Плотность железнодорожных путей общего пользования, км. путей на 10 тыс. кв. м. территории	0.00208	0.001	5
Перевозки грузов автомобильным транспортом, тыс. т на тыс. чел. населения	0.00066	0.0002	свыше 10
Число подключенных абонентских устройств подвижной радиотелефонной связи, ед. на тыс. чел. населения	-0.00026	0.0001	1
Протяженность уличных канализационных сетей, км. на 10 тыс. кв. км. территории	-0.00076	0.0001	10
Протяженность уличных тепловых и паровых сетей, км. на 10 тыс. кв. км. территории	0.11875	0.059	10
Протяженность уличных водопроводных сетей, км. на 10 тыс. кв. км. территории	-0.09093	0.055	свыше 10

В отдельных регионах для решения проблем пассажирских перевозок принята программа утилизации, в том числе и для автобусов со сроком службы свыше 15 лет. Она предусматривает выплату компенсации, которая впоследствии может быть направлена на приобретение нового транспортного средства.

Содействовать росту числа автобусов общего пользования и пассажирских перевозок в целом будет повышение качества автодорог, оптимизация транспортного расписания, расположения автобусных остановок, улично-дорожной сети, гибкая система оплаты проезда, повышение квалификации водителей.

Число подключенных абонентских устройств подвижной радиотелефонной связи является еще одним фактором, имеющим высокую корреляцию с промышленным производством в регионе. Его влияние оценивается как отрицательное, что можно объяснить недоиспользованием имеющегося потенциала в этой области. Остро до сих пор во многих регионах стоит проблема телефонизации сельских территорий. Установка вышек сотовой связи нерентабельна при невысокой численности пользователей, низкой платежеспособности населения. Реализация государственных программ, применение принципов государственно-частного партнерства с целью повсеместного распространения современных услуг связи будут способствовать развитию не только промышленного производства, но и экономическому росту в регионе в целом.

Положительно влияют на развитие промышленности в регионе показатели социальной инфраструктуры: профессиональные образовательные организации среднего звена, численность врачей и среднего медицинского персонала. Значение коэффициента при этом показателе числа профессиональных образовательных организаций, осуществляющих подготовку специалистов среднего звена достаточно высоко: 0, 66. Однако он значим только на десятипроцентном уровне. Сегодня наблюдается тенденция постоянного сокращения числа учреждений среднего профессионального образования, а следовательно, поступающих учащихся и выпускников. Это можно объяснить такими факторами, как демографический

спад в определенные годы, смещение предпочтений молодых людей в пользу получения высшего образования. Для промышленных регионов нехватка работников необходимой квалификации становится серьезной проблемой. Следовательно, для развития производства в регионе необходимо обеспечить соответствующие виды деятельности квалифицированными кадрами.

Другим важным фактором социальной инфраструктуры, оказывающим по полученным результатам положительное влияние на развитие промышленности, является численность врачей и медицинского персонала. Можно предположить, что качество медицинских услуг и их доступность для жителей региона будет важно для развития любого вида экономической деятельности, а не только обрабатывающей промышленности. Однако значимость коэффициентов при соответствующих показателях может быть объяснена тем, что по большей части обрабатывающие производства находятся в городах, тем более, что статистика Росстата учитывает в этом показателе результаты крупных и средних предприятий. В городах традиционно располагается больше больниц и поликлиник, соответственно и численность врачей выше.

Стимулирует рост производства и повышение плотности железнодорожных путей общего пользования, протяженность уличных тепловых и паровых сетей. Этот результат имеет простое объяснение, т.к. и железнодорожные пути, и тепловые (паровые) сети нужны для прямого обеспечения производственного процесса и являются в данном случае не причиной, а следствием развития промышленного производства в регионе.

Такие показатели, как протяженность уличных канализационных и водопроводных сетей, наоборот, показывает отрицательную корреляцию с промышленным производством. Данный факт можно, наверно, объяснить тем, что в промышленных центрах преобладает высотное и уплотненное строительство, поэтому именно протяженность сетей меньше в сравнении с другими регионами.

Заключение

Таким образом, проведя анализ влияния инфраструктурных факторов на промышленное развитие региона, мы можем сделать вывод, что наиболее тесная взаимосвязь прослеживается с факторами транспортной, информационной и социальной инфраструктуры.

При этом интересно, что из всех рассматривавшихся факторов транспортной инфраструктуры наиболее значимым оказался показатель оснащенности региона автобусами общего пользования. Учитывая, что при этом положительно влияют на развитие промышленности в регионе показатели социальной инфраструктуры: профессиональные образовательные организации среднего звена, численность врачей и среднего медицинского персонала (с относительно высокими значениями коэффициентов, особенно, у образования, но при десятипроцентном уровне значимости), можно предположить, что для развития промышленности важны условия, созданные для жителей (работников предприятий) в регионе. Это логично, так как люди самого активного трудового возраста стремятся переехать жить туда, где созданы условия не только для них лично, но и для комфортного проживания их семей. То есть объекты социальной инфраструктуры, которые на первый взгляд прямо не связаны с развитием промышленности, играют важную роль в это процессе. Это школы, детские сады, поликлиники и больницы.

Поэтому можно предположить, что развитие социальных программ в регионе будет способствовать росту промышленности, а не только мероприятия по повышению инновационной активности. Однако для сравнения важности этих двух направлений необходимо рассмотреть их влияние в рамках одной модели. Эту тему мы предполагаем развить в последующих исследованиях.

Что же касается факторов транспортной инфраструктуры, то их значимость была и ранее подтверждена исследованиями. Однако степень влияния этих факторов в нашей модели получилась ниже, чем обычно. Можно предположить, что это связано с тем, что мы рассматривали более широкий перечень факторов, включающий не только транспортную инфраструктуру. Кроме того, причиной может быть то, что выводы других исследователей сделаны на основании анализа данных не по России, как в нашей работе, а по другим странам.

Благодарность

Авторы выражают признательность Российскому фонду фундаментальных исследований (РФФИ), чьим грантом поддержано исследование. Проект № 14-06-31027.

Список литературы
References

1. Ahmed R. & Donovan C. 1992. Issues of infrastructural development: a synthesis of the literature. – Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute, 43.

2. 250 крупнейших промышленных центров России. Урбаника. – Институт территориального планирования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://urbanica.spb.ru/?p=3543 (дата обращения: 06.05.2015).

250 krupneyshih promyishlennyih tsentrov Rossii. Urbanika. – Institut territorialnogo planirovaniya. [Electronic resource]. - URL: http://urbanica.spb.ru/?p=3543 (дата обращения: 06.05.2015)

3. Антонюк В.С., Буликеева А.Ж. 2013. Социальная инфраструктура в системе региональной инфраструктуры. Вестник ТГУ. №11: 31 - 39.

Antonyuk V.S., Bulikeeva A.Zh. 2013. Sotsialnaya infrastruktura v sisteme regionalnoy infrastruk-turyi. - Vestnik TGU. №11: 31 - 39.

4. Матвеев Ю.В., Трубецкая О. В. 2012. Воспроизводственная инфраструктура в условиях модернизации российской экономики. Технические науки. №3: 642 – 646.

Matveev Yu.V., Trubetskaya O.V. 2012. Vosproizvodstvennaya infrastruktura v usloviyah modernizatsii rossiyskoy ekonomiki. Tehnicheskie nauki. №3: 642 – 646.

5. Постановление департамента налоговой и таможенно-тарифной политики от 19 апреля 2006 года N 03-06-01-02/18 «О толковании понятия «инженерная инфраструктура жилищно-коммунального комплекса» при применении пункта 6 статьи 381» (2006). Министерство финансов Российской Федерации. 19.04.2006 г.

Postanovlenie departamenta nalogovoy i tamozhenno-tarifnoy politiki ot 19 aprelya 2006 goda N 03-06-01-02/18 «O tolkovanii ponyatiya «inzhenernaya infrastruktura zhilischno-kommunalnogo kompleksa» pri primenenii punkta 6 stati 381» (2006). Ministerstvo finansov Rossiyskoy Federatsii. – 19.04.2006.

6. Экономика. Толковый словарь. 2000. Общая редакция: Осадчая И. М. - М.

Ekonomika. Tolkovyiy slovar. 2000. Obschaya redaktsiya: Osadchaya I. M.- M.

7. Boopen S. 2006. Transport Infrastructure and Economic Growth: Evidence from Africa Using Dynamic Panel Estimates. The Empirical Economic Letters 5(1).

8. Botric V., Sisinacki J. & Skuflic L. 2006. Road infrastructure and regional development: some evidence from Croatia. Paper prepared for the 46th Congress of the European Regional Science Association Volos, Greece, August 30th - September 3rd.

9. Stephan A. 2001. Regional infrastructure policy and its impact on productivity: a comparison of Germany and France. WZB Discussion Paper, No. FS IV 01-02: 1-46.

10. Holtz-Eakin D. & Lovely M. E. 1995. Scale economies, returns to variety, and productivity of public infrastructure. – NBER Working paper 5295. 27.

11. Moreno R. & López-Bazo E. 2003. The Impact of Regional Infrastructure on Regional Economic Growth: Some Results on its Spillover Effect.

12. Martin P. & Rogers C. A. 1995. Industrial location and public infrastructure. Journal of International Economics. No 3. V.39: 335-351.

13. Райзберг Б.А. 1998. Современный экономический словарь. М.: ИНФРА-М, 479.

Rayzberg B.A. 1998. Sovremennyiy ekonomicheskiy slovar. M.: INFRA-M, 479.

14. Bhide Sh., Kalirajan K. 2007. Incorporating Regional Variations in a Macroeconometric Model for India: A Production Frontier Approach. Margin: The Journal of Applied Economic Research. 1:167 – 213.

15. Тюнен И.Г. 1926. Изолированное государство. М.: Экономическая жизнь.

Tyunen I.G. 1926. Izolirovannoe gosudarstvo. M.: Ekonomicheskaya zhizn.

16. Launhardt W. 1993. Mathematical Principles of Economics. Translated by H.Schmidt and edited by J. Creedy. Aldershot: Edward Elgar.

17. Вебер А. 1929. Теория размещения промышленности.М.: Книга.

Veber A. 1929. Teoriya razmescheniya promyishlennosti. M.: Kniga.

18. Hotelling H. 1929. Stability in Competition. Economic Journal. N 39: 41-57.

19. Lösch A. 1954. The Economics of Location. Yale University Press, New Haven. [Electronic resource]. - URL: http://archive.org/details/economicsoflocat00ls (дата обращения 28.07.2013), 75-76.

20. Saito H., Gopinath M. 2009. Plants' self-selection, agglomeration economies and regional productivity in Chile. Journal of Economic Geography. Volume 9. Issue 4: 539-558.

21. Park J., Shin S., Sanders G. 2007. Impact of International Information Technology Transfer on National Productivity. Information Systems Research. 18: 86 – 102.

22. Сергеев М.А., Пыхова И.А., Деменев А.И. 1985. Региональная экономика и закономерности ее развития. М.: Наука, 160.

Sergeev M.A., Pyihova I.A., Demenev A.I. 1985. Regionalnaya ekonomika i zakonomernosti ee razvitiya. M.: Nauka, 160.

23. Кашкурова О.И. 1978. Эффективность региональной концентрации общественного производства . Проблемы экономической теории и эффективность регионального развития: Сб. статей. – Свердловск, 31-34.

Kashkurova O.I. 1978. Effektivnost regionalnoy kontsentratsii obschestvennogo proizvodstva. Problemyi ekonomicheskoy teorii i effektivnost regionalnogo razvitiya: Sb. statey. – Sverdlovsk, 31-34.

24. Экономико-математический энциклопедический словарь. 2003. М.: Большая Рос. энцикл.: ИНФРА-М, 687.

Ekonomiko-matematicheskiy entsiklopedicheskiy slovar. 2003. M.: Bolshaya Ros. entsikl.: INFRA-M, 687.

25. Барр Р. Политическая экономия: в 2-х т.т. 2004. М.: Международные отношения. 752.

Barr R. Politicheskaya ekonomiya: v 2-h t.t. 2004. M.: Mezhdunarodnyie otnosheniya. 752.

26. Hall R., Jones Ch. 1999. Why Do Some Countries So Much More Output per Worker then Others? Quarterly Journal of Economics. V. CXIV: 83-116.

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

УДК 338.242.4

МЕТОДОЛОГИЯ ИНДИКАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЯМИ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ: ПРОБЛЕМЫ ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ, МЕТОД TASKED

METHODOLOGY INDICATIVE MANAGEMENT ORGANIZATIONS OF SOCIAL SPHERE: PROBLEMS OF GOAL-SETTING, METHOD TASKED

Б.А. Тхориков
B.A. Tkhorikov

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod State National Research University, 85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: Tkhorikov@bsu.edu.ru

Аннотация. Исследование современных проблем целеполагания в системе индикативного управления показывает, что существует пробел в методологических подходах микроуровня, рассматриваются в основном цели макроуровня и не анализируются их связи с целями экономических подсистем, формирующих данную систему. В работе рассматриваются общие «институциональные ловушки», связанные с постановкой целей в отраслях с высоким государственным участием, некоторые направления их негативного воздействия, предлагается авторский метод формулировки цели, обеспечивающий преодоление «институциональных ловушек», согласование интересов субъектов управления на различных уровнях и конкретизацию поставленных целей.

Resume. Study of contemporary problems of goal-setting in the indicative management shows that there is a gap of methodological approaches the micro-level, the analysis focuses on the macro-level objectives and analyzes their relationship with the goals of economic subsystems that form the system. The paper proposes a method for the formulation of the author's purpose of ensuring the coordination of interests of subjects of management at different levels and provides specification of goals, missing now in practice goal-setting management of public institutions.

Ключевые слова: индикативное управление, целеполагание, организации социальной сферы, «институциональные ловушки», метод TASKED.
Key words: indicative management, goal setting, social organization, «institutional trap» method TASKED.

Введение

Вопросы целеполагания при осуществлении управленческого воздействия относятся к актуальным и важным на всех этапах развития теории управления, поскольку каждый из теоретических концептов имеет свою специфику. Не исключение и методология индикативного управления, в которой целеполагание должно обеспечивать надлежащее качество государственного управления в его проекции по уровням управления, а также повышение отвественности органов публичной власти за улучшение уровня жизни россиян.

В рамках международного сотрудничества Российской Федерации в области оценки качества публичного управления используются различные модели и индексы. Например, индекс GRICS (Governance Research Indicator Country Snapshot) — индекс, оценивающий эффективность государственного управления; модель оценки менеджмента в организациях, финансируемых из государственного или муниципального бюджета (Common Assesment Framework – CAF); индекс восприятия коррупции (Corruption Perception Index) – ежегодный составной индекс, измеряющий уровень восприятия коррупции в государственном секторе различных стран; индекс развития электронного правительства (The UN E-Government Development Index) — комплексный показатель, характеризующий уровень развития электронного правительства и многие другие. Россия традиционно занимает не лучшие позиции в мировых рейтингах эффективности государственного управления, главным образом, за счет непрозрачности деятельности государственных институтов, в том числе связанные с постановкой стратегических целей и задач.

Объект и методы исследования

«Закрытость» органов государственной власти определяется особенностями институциональной среды и наличием различных «институциональных ловушек». В аспекте целеполагания к их числу можно отнести следующие.

1) Постановка целей на основе субъективного образа идеального состояния объекта управления. Государственный институт, наделенный правом устанавливать цели деятельности для организаций социальной сферы, ориентируется на собственное видение развития объекта управления в будущем, пренебрегая при этом необходимостью анализа текущей ситуации и перевода общей неопределенности внешней среды в риски с целью организации их эффективного управления.

2) Политизация целей развития социальной сферы. В связи с отсутствием реального общественного контроля государственные институты могут устанавливать заведомо невыполнимые или популистские цели, используя их в качестве политического инструмента.

3) Стремление переложить ответственность за достижение поставленной цели на субподчиненный уровень управления без согласования с ним сроков, содержания, ресурсной обеспеченности и прочего, связанных с выполнением данной цели.

Перечисленные «институциональные ловушки», помимо прочего, приводят к следующим негативным факторам в управлении:

- конфликт интересов различных стейкхолдеров при определении подходов к оценке степени выполнения поставленной цели. Имея интуитивное представление об обозначенных выше «институциональных ловушках», субъекты управления различного уровня на этапе постановки цели пытаются сформулировать ее таким образом, чтобы иметь возможность «отчитаться» об успешном выполнении при любом развитии событий;

- неточное планирование потребности в ресурсах, необходимых для достижения поставленной цели. Отсутствие какого-либо значимого для субъекта управления наказания за невыполнение целей приводит к поверхностному анализу ресурсной обеспеченности, не учитывающему скрытые и непредвиденные расходы, или к секвестрованию расходов в процессе выполнения работ.

Преодоление указанных «институциональных ловушек» в практической деятельности организаций социальной сферы и повышение эффективности функционирования возможно только за счет внедрения принципиально новых методологических подходов управления, к их числу целесообразно отнести индикативное управление, акцентирующее особое внимание на процессах целеполагания. Индикативное управление позволяет решить проблему взаимосвязанного предвидения: а) стихийного хода событий; б) определенного эффекта осуществляемых людьми действий и мероприятий; в) возможных средств нашего воздействия на события; г) предполагаемых результатов намеченных действий и мероприятий и их влияния на жизнь [Яковец, 2002].

На теоретическом уровне вопросы целеполагания в индикативном управлении определяются следующим образом:

1) формирование общих (типовых) стратегических направлений развития социально-экономической отрасли на макроуровне;

2) выбор стратегических целей отрасли и их согласование с интересами субъектов мезоуровня;

3) декомпозиция (иерархия) целей, их оценка и детализация во времени и пространстве на микроуровне;

4) моделирование и выбор количественных значений целей в виде целевых индикаторов;

5) окончательное согласование целей микроуровня с представителями целеносителей на макро- и мезоуровнях [Тхориков, 2013].

При этом на методологическом уровне целеполагание в системе индикативного управления организациями социальной сферы только формируется и требует значительного расширения специальных методов. Следует отметить, что в общей теории управления определение целей, согласование целей разных уровней исследованы крайне недостаточно, что приводит к издержкам в практике управления. Особенно большая путаница существует в классификации целей по содержанию (социальные, экономические, политические, нравственные), по времени (долгосрочные, среднесрочные, краткосрочные), по уровням управления (федеральный центр, субъект Федерации, муниципальное образование). Цель нередко путается со средствами ее достижения [Иванов, 2001]. Многие сложные современные проблемы управления не решаются или решаются неэффективно только потому, что они оказались неправильно сформулированными, иначе говоря, при их постановке не были учтены все существенные аспекты проблемы или ограничения, накладываемые на ее решение. Ведь для результативного решения комплексной проблемы вся сложная иерархия действий по ее решению должна быть организована так, чтобы на всех уровнях в качестве главного, решающего выступал один и тот же, единый критерий оценки эффективности, т. е. чтобы все время имелась в виду система в целом, ее конечный эффект [Писарев, 2013]. Для этого нужно иметь продуманное определение стратегических (главных) целей, а затем произвести «деление» этих целей по всем другим их видам. Субординация целей усиливает механизм целеполагания. И, конечно, необходимо достичь адекватности целей государственного управления потребностям и интересам самих ор-

ганизаций социальной сферы, тем целям, которые объективно порождаются управляемыми объектами. Соблюдение таких требований может действительно превратить цели государственного управления в мощную движущую силу функционирования и развития социальной сферы [Лапыгин, 2007].

Результаты исследования

Для определения и формулировки цели деятельности сложных соподчиненных социально-экономических систем с высокой долей государственного участия (регулирования) мы предлагаем использовать метод TASKED (таблица 1).

TASKED (англ. – «давать задание») – это мнемоническая аббревиатура, используемая в индикативном и институциональном управлении социальной сферой для определения целей и постановки задач.

Таблица
Table

Постановка цели по методу TASKED
Goal setting method TASKED

Буква	Значение	Пояснение
T	Total (общий итог)	Указывается объект управления и общее направление его изменения, в том числе во времени
A	Agreed (согласованный)	Общая цель должна согласовываться с подцелями управления соподчиненных субъектов управления
S	Sectionalization (деление)	Возможность разделения (декомпозиции) общей цели по уровням управления
K	Know (знать)	Объясняется за счет каких управленческих воздействий будет осуществлено изменение объекта управления
E	Effect (результат)	Указывается относительное изменение объекта управления (в процентах)
D	Disbursement (расходы)	Определение консолидированных расходов, направляемых на достижение результата

В качестве условного примера приведем описание цели, сформулированной с помощью метода TASKED: «Сокращение в 2016 году (по сравнению с 2015 годом) смертности населения от сердечно-сосудистых заболеваний на 1% в 15 субъектах России за счет внедрения нового алгоритма маршрутизации пациентов, требующего выполнения модернизации каналов связи стоимостью 70 млн. рублей (федеральный бюджет)».

При подобном подходе субъект управления действительно представляет, каким образом будет проходить управленческое воздействие, а не придумывает пути достижения уже после декларирования популистской цели, и цель может быть декомпозирована на уровне соподчиненного субъекта управления, например, субъекта Российской Федерации, без потери первоначального смысла.

При использовании метода TASKED устраняется конфликт интересов различных стейкхолдеров при оценке результатов деятельности, так как сложно трактовать фактически достигнутый результат: цель либо выполняется, либо нет. При этом рассмотрение достижения аналогичной цели по соподчиненным субъектам управления или финансированию указывает на акторов, действия которых привели к невыполнению общей цели.

Кроме того, метод TASKED ориентирует на проведение предварительной работы по анализу и проектированию системы управления, так как в самой цели указывается причинно-следственная связь между планируемыми действиями и ожидаемым результатом.

Вывод

В отличии от существующих методик целеполагания (SMART, KPI, Теория Брайана Трейси и п.), метод TASKED ориентирован, прежде всего, на использование в секторах с высоким участием государственных институтов и является первым в своем роде инструментом для государственного целеполагания, учитывающим существование и способным преодолеть соответствующих «институциональные ловушки».

Список литературы
References

1. Избранные труды Н.Д. Кондратьева. 2002. Сост. Яковец Ю.В. М.: «Экономика», 767.
Izbrannye trudy N.D. Kondrat'eva. 2002. Cost. YAkovec YU.V. M.: «Ekonomika», 767.
2. Тхориков Б.А. 2013. Методологические основы целеполагания в системе индикативного управления развитием организации. Экономика, управление, финансы: материалы II междунар. науч. конф. Пермь: Меркурий: 141-143.
Thorikov B.A. 2013. Metodologicheskie osnovy celepolaganiya v sisteme indikativnogo upravleniya razvitiem organizacii. EHkonomika, upravlenie, finansy: materialy II mezhdunar. nauch. konf. Perm': Merkurij: 141-143.
3. Иванов В.Н. 2001. Инновационные технологии государственного и муниципального управления. 2-е изд., перераб. и доп. М.: «Экономика», 327.
Ivanov V.N. 2001. Innovacionnye tekhnologii gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya. 2-e izd., pererab. i dop. M.: «EHkonomika», 327.
4. Писарев Е.Л. 2013. Качество государственного управления: проблемы целеполагания. Административное право и процесс. № 10: 3 – 10.
Pisarev E.L. 2013. Kachestvo gosudarstvennogo upravleniya: problemy celepolaganiya. Administrativnoe pravo i process. № 10: 3 – 10.
5. Лапыгин Ю.Н. 2007. Теория организации. М.: Инфра-М, 311.
Lapygin YU.N. 2007. Teoriya organizacii. M.: Infra-M, 311.

УДК 332

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И КЛАСТЕРИЗАЦИИ РЫНКА САНАТОРНО-КУРОРТНЫХ УСЛУГ

METHODOLOGICAL ASPECTS OF CARRYING OUT THE SYSTEM ANALYSIS AND CLUSTERING OF THE MARKET OF SANATORIUM SERVICES

М.С. Оборин
M.S. Oborin

Пермский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», 614070, г. Пермь, ул. Б. Гагарина, 57
Perm Institute (branch) of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, 57, B. Gagarina st., Perm, 614070, Russia

E-mail: recreachin@rambler.ru

Аннотация. В статье определяется актуальность развития методологических аспектов проведения системного анализа рынка санаторно-курортных услуг на нынешнем этапе для различных иерархических уровней. Сформирован вывод, об отсутствии подпрограмм, направленных на развитие санаторно-курортной деятельности в стране. Развитие санаторно-курортной деятельности в России происходит только в рамках туристско-рекреационной сферы и направлено, главным образом, на создание сопутствующей инфраструктуры, не затрагивая, тем самым, объекты основной инфраструктуры. Формирование методологии исследования рынка санаторно-курортных услуг должно осуществляться на основе системного подхода, рассматривающего этот рынок в комплексе, как имеющий чёткие структурные и иерархические очертания объект анализа. Объект методологии системного анализа представлен разветвлённой структурой компонентов, имеющих свою специфику, в отношении каждого из которых ставятся необходимые для проведения анализа цели. Методология системного анализа рынка санаторно-курортных услуг направлена на определение текущего состояния и потенциала структурных компонентов этого рынка. Кластеризация рынка санаторно-курортных услуг России, как один из методических компонентов системного анализа национального рынка санаторно-курортных услуг может проводиться по различным интегральным характеристикам.

Resume. In article relevance of development of methodological aspects of carrying out the system analysis of the market of sanatorium services at a present stage for various hierarchical levels is defined. The conclusion, about absence of the subprogrammes aimed at the development of sanatorium activity in the country is created.

Development of sanatorium activity in Russia happens only within the tourist and recreational sphere and is directed, mainly, on creation of the accompanying infrastructure, without affecting, thereby, objects of the main infrastructure. Formation of methodology of research of the market of sanatorium services has to be carried out on the basis of the system approach considering this market in a complex as the object of the analysis having accurate structural and hierarchical outlines. The object of methodology of the system analysis is presented by branched structure of the components having the specifics, in the relation of each of which the purposes, necessary for carrying out the analysis, are set. The methodology of the system analysis of the market of sanatorium services is directed on determination of current state and potential of structural components of this market. The clustering of the market of sanatorium services of Russia as one of methodical components of the system analysis of the national market of sanatorium services can be carried out according to various integrated characteristics.

Ключевые слова: кластеризация, рынок санаторно-курортных услуг, методологические аспекты, анализ рынка, иерархические уровни.
Key words: clustering, market of sanatorium services, methodological aspects, analysis of the market, hierarchical levels.

Введение

В последние годы в рамках принятых государством долгосрочных программ, направленных на качественное преобразование различных секторов экономики, в отношении выбранного объекта исследования (рынка санаторно-курортных услуг) наблюдается относительная неравномерность (в сравнении с мерами в отношении туристско-рекреационной индустрии) и в какой-то степени недостаточность государственного воздействия. Так, из четырёх подпрограмм принятой в 2014 г. Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 317 [25] «Государственной программы по развитию культуры и туризма на 2013 – 2020 гг.» нет ни одной, направленной на развитие санаторно-курортной деятельности в стране. Если в период своего начального становления и развития в СССР (на основе научно обоснованных подходов и строгих техник медицинского лечебно-профилактического обслуживания) санаторно-курортная сфера являлась элементом государственной системы здравоохранения, получая соответствующую финансовую поддержку, то на сегодняшний день её роль, с точки зрения концептуального государственного видения, остаётся неясной.

Развитие санаторно-курортной деятельности в России происходит только в рамках развития туристско-рекреационной сферы и направлено, в основном, на создание сопутствующей инфраструктуры (гостиниц, рекреационно-развлекательных объектов). При этом не уделяется должного внимания развитию объектов основной инфраструктуры санаторно-курортной деятельности, а также не рассматриваются вопросы о наращивания добавленной стоимости [12].

Указанные выше причины во многом обусловили постепенное снижение доли санаторно-оздоровительных услуг в совокупном объёме платных услуг населению в России в последние годы и их отставание как в относительных, так и в абсолютных значениях в сравнении с основным конкурирующим рынком – туристских услуг (табл. 1).

При должном внимании санаторно-курортная сфера выполняет ряд ключевых социально-экономических функций, состоящих в улучшении здоровья нации, росте уровня занятости, увеличении налоговых поступлений в бюджеты различных уровней и др.

Таблица 1
Table 1

Динамика общего объёма платных, туристских и санаторно-оздоровительных услуг населению в России за 2005 – 2014 гг.*
Dynamics of total volume of paid tourist and sanatorium services to the population in Russia in 2005 – 2014.*

Показатель	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Объём платных услуг населению, трлн. руб.	2,3	4,9	5,5	6,0	6,9	7,5
Доля санаторно-оздоровительных услуг, %	1,6%	1,2%	1,2%	1,3%	1,2%	1,2%
Объём санаторно-оздоровительных услуг на душу населения, руб.	251,4	423,2	479,3	528,1	574,5	631,8
Темпы прироста (убыли) санаторно-оздоровительных услуг на душу населения, %	12%	-1%	13%	10%	9%	10%
Доля туристских услуг, %	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Объём туристских услуг на душу населения, руб.	235,8	699,2	789,2	848,8	1015,9	1009,9
Темпы прироста (убыли) туристских услуг на душу населения, %	25%	28%	13%	8%	20%	-1%

*составлено по данным [26]

Учитывая сказанное, возникает необходимость разработки научно обоснованного инструментария, позволяющего провести комплексный анализ состояния и потенциала развития национальной санаторно-курортной индустрии на различных уровнях её функционирования. Достижение данной цели требует решения следующих задач:

- уточнение ключевых элементов методологии исследования региональных рынков санаторно-курортных услуг;
- выделение иерархических уровней исследования региональных рынков санаторно-курортных услуг;
- разработка принципов комплексного исследования региональных рынков санаторно-курортных услуг;
- практическое применение инструментов исследования регионального рынка санаторно-курортных услуг с определением направлений и задач его дальнейшего развития.

Объекты и методы исследования

Несмотря на наличие множества экономических исследований, посвящённых различным вопросам функционирования рынка санаторно-курортных услуг, в настоящее время отсутствует методология системного исследования этого рынка. Рынок санаторно-курортных услуг, как и любой другой, представлен совокупностью производственных процессов [24]. Отдельные методологические аспекты изучения рынка санаторно-курортных услуг рассматривались в трудах российских и зарубежных специалистов, в числе которых стоит выделить работы С.И. Берлина [1], М.А. Бокова [2], Дж. Боуэн [14], А.М. Ветитнева [4], Е.А. Джанджугазовой [9], Н.В. Калмыковой [12], Ф. Котлера [14], Дж. Мейкенз [13], С.А. Чудиновских [30] и др.

Предваряя выделение методологических аспектов проведения системного анализа рынка санаторно-курортных услуг, обратимся к содержанию категории «методология». Согласно классическим трактовкам, методологию рассматривают как:

- учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности [3];
- систему принципов, способов организации, построения теоретической и практической деятельности, а также учение об этой системе [29].

Современные исследователи, конкретизируя понятие «методологии» определяют его как:

- средство связи науки и практики [15, 16];
- средство помощи науки практике [17];
- учение об организации деятельности [21].

Под методологией нами понимается совокупность компонентов (характеристик, логической и временной структуры деятельности), используемых для построения учения об организации деятель-

ности. Представляется соответствующей требованиям научности следующая «схема методологии», которая может быть использована применительно к изучению рынка санаторно-курортных услуг (рис. 1).

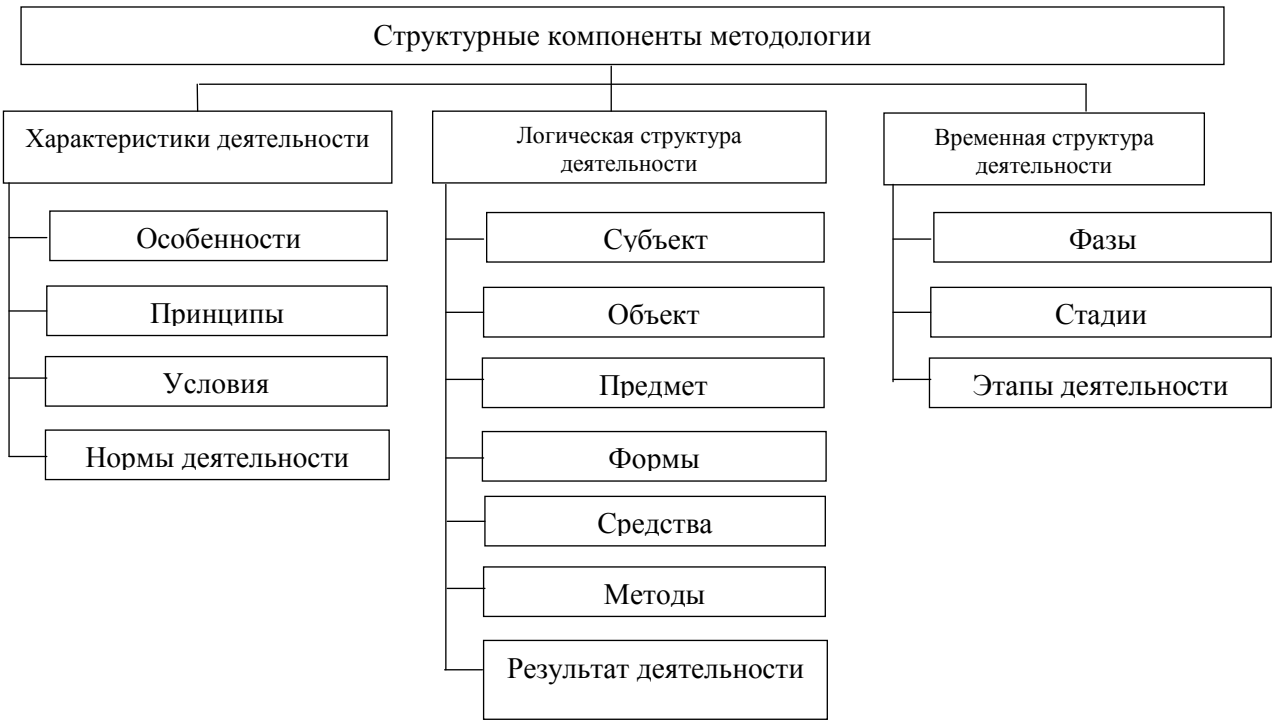


Рис. 1. Структурные компоненты методологии по А. М. Новикову, Д.А. Новикову [15]
Fig. 1. Structural components of the methodology by A. M. Novikov, Dmitry A. Novikov [15]

Формирование методологии любой сферы и вида экономической деятельности требует наличия чёткого, однозначного понятийного аппарата, а также соотношения и взаимосвязи используемых терминов. В данном исследовании будут использоваться следующие основные термины:

- санаторно-курортная инфраструктура представляет собой совокупность объектов материальной и социальной деятельности человека, которые формируют при определенных условиях (природных, историко-культурных, социально-экономических) основу для стабильного и устойчивого функционирования и развития санаторно-курортной деятельности на конкретной территории, расположенной в месте отличном от постоянного проживания, где между отдыхающими, персоналом, хозяйственными и лечебными объектами, а также природными лечебными ресурсами формируются информационно-вещественные и энергетические потоки, направленные на повышение качества здоровья населения и удовлетворения потребности в полноценном отдыхе;
- «лечебно-оздоровительный туризм» рассматривается нами как разновидность туристской деятельности, характеризующаяся временной сменой постоянного места жительства потребителей с целью получения лечебных и оздоровительных услуг;
- «туристско-рекреационная сфера» рассматривается как сложная совокупность видов экономической деятельности, включающая элементы основной (коллективные средства размещения, курортные комплексы, оздоровительные организации, рекреационные предприятия и др.) и сопутствующей (финансовые организации, предприятия общественного питания, страховые организации и др.) инфраструктуры, деятельность которых направлена на предоставление всего комплекса необходимых для качественной рекреации услуг;
- «туристские услуги» – комплекс целенаправленных мероприятий в области обслуживания особой категории потребителей – туристов, ориентированный на полноценное удовлетворение их потребности в отдыхе, развлечениях и прочих запросах, возникающих при временной смене постоянного места жительства;
- «санаторно-курортная деятельность» и «санаторно-оздоровительная деятельность» рассматриваются нами как тождественные понятия, представляющие собой особый вид экономической, услугообразующей деятельности, связанной с производством санаторно-курортных услуг в территориально локализованных зонах с особыми природно-климатическими и лечебно-оздоровительными ресурсами;
- «санаторно-курортная индустрия» - совокупность экономических, организационных, социальных, управленческих и прочих отношений, связанных с производством и потреблением санатор-

но-курортных и санаторно-оздоровительных услуг. Санаторно-курортная индустрия в наиболее общем понимании включает в себя рынки санаторно-курортных услуг (различающиеся по территориальным, ёмкостным, сущностным и прочим характеристикам), совокупность потребителей санаторно-оздоровительных услуг, а также производственную систему, которая включает деятельность по генерации санаторно-курортных услуг в комплексах и организациях;

- «санаторно-курортные услуги» и «санаторно-оздоровительные услуги» - тождественные термины, под которыми в исследовании понимается множество специализированных видов услуг (бальнеологических, климатических, грязелечебных и т.п.), оказываемых на коммерческой основе, направленных на профилактику, оздоровление, реабилитацию и рекреацию широких групп населения и оказываемых в особых локализованных территориально зонах с необходимыми для этого природно-климатическими и лечебно-оздоровительными ресурсами;

- «рынок санаторно-курортных услуг» - сфера рыночных отношений, возникающих по поводу удовлетворения потребностей широких групп населения в санаторно-оздоровительных услугах.

Результаты и их обсуждение

Анализ работ, посвящённых теории и практике системного анализа [5,6,7,18,23,27], позволяет, применительно к специфике организации санаторно-курортной деятельности, под методологией системного анализа рынка санаторно-курортных услуг понимать систему компонентов, позволяющих сформировать целостное представление о практических способах изучения и комплексного практического анализа состояния и перспектив развития территориальных рынков санаторно-курортных услуг.

Формирование методологии исследования рынка санаторно-курортных услуг должно осуществляться на основе системного подхода, рассматривающего этот рынок в комплексе, как имеющий чёткие структурные и иерархические очертания объект анализа. Основой для успешного развития отрасли служит процесс модернизации экономики [20].

Объект применения методологии системного анализа представлен разветвлённой структурой компонентов, имеющих свою специфику, в отношении каждого из которых ставятся необходимые для комплексного анализа цели (рис. 2).

Характеризуя взаимосвязь и взаимовлияние выделенных уровней устройства рынка лечебно-оздоровительного туризма и санаторно-курортных услуг, важно отметить, что такое устройство может рассматриваться в зависимости от задач прикладного системного анализа в двух ракурсах:

- «снизу-вверх», когда проведение системного анализа состояния данного рынка направлено на изучение влияния рынков нижестоящих уровней на вышестоящие, по иерархии, рынки лечебно-оздоровительных и санаторно-курортных услуг. Проведение системного анализа подобного рода позволяет выделить специфику и особенности территориальных рынков лечебно-оздоровительных услуг и их системное влияние на развитие вышестоящих по иерархии рынков;

- «сверху-вниз», когда системный анализ направлен на последовательное, многоступенчатое изучение устройства того или иного нижестоящего территориального сегмента рынка санаторно-курортных услуг, в контексте общего развития и тенденций вышестоящих рынков лечебно-оздоровительных и санаторно-курортных услуг.

Важным аспектом методологии исследования рынка санаторно-курортных услуг являются принципы, на которых строится проведение комплексного анализа. В числе таких принципов нами выделяются:

1. Принцип обеспечения качества сбора и обработки данных, для которых должны быть присущи такие признаки как достоверность, актуальность, полнота, релевантность, сопоставимость, экономическая оптимальность, доступность для восприятия и легкого усвоения.
2. Принцип учёта особенностей устройства рынка санаторно-курортных услуг, предполагающий формирование аналитических моделей, содержание которых соответствует специфике санаторно-курортной деятельности.
3. Принцип системности, в соответствии с которым исследование проводится на основе чёткой логической последовательности реализуемых стадий, которые в свою очередь определяют состав и иерархию составляющих его количественных параметров.
4. Принцип комплексности, в соответствии с которым рынок санаторно-курортных услуг изучается как многоаспектный объект анализа.
5. Принцип научности, предполагающий необходимость аналитических действий изучения текущего состояния и потенциала развития рынка санаторно-курортных услуг на основе научно обоснованных подходов.
6. Принцип объективности, в соответствии с которым интерпретация результатов исследования должна предоставлять адекватные данные о текущем состоянии и будущем развитии рынка санаторно-курортных услуг, без влияния субъективных взглядов участников и организаторов исследования.

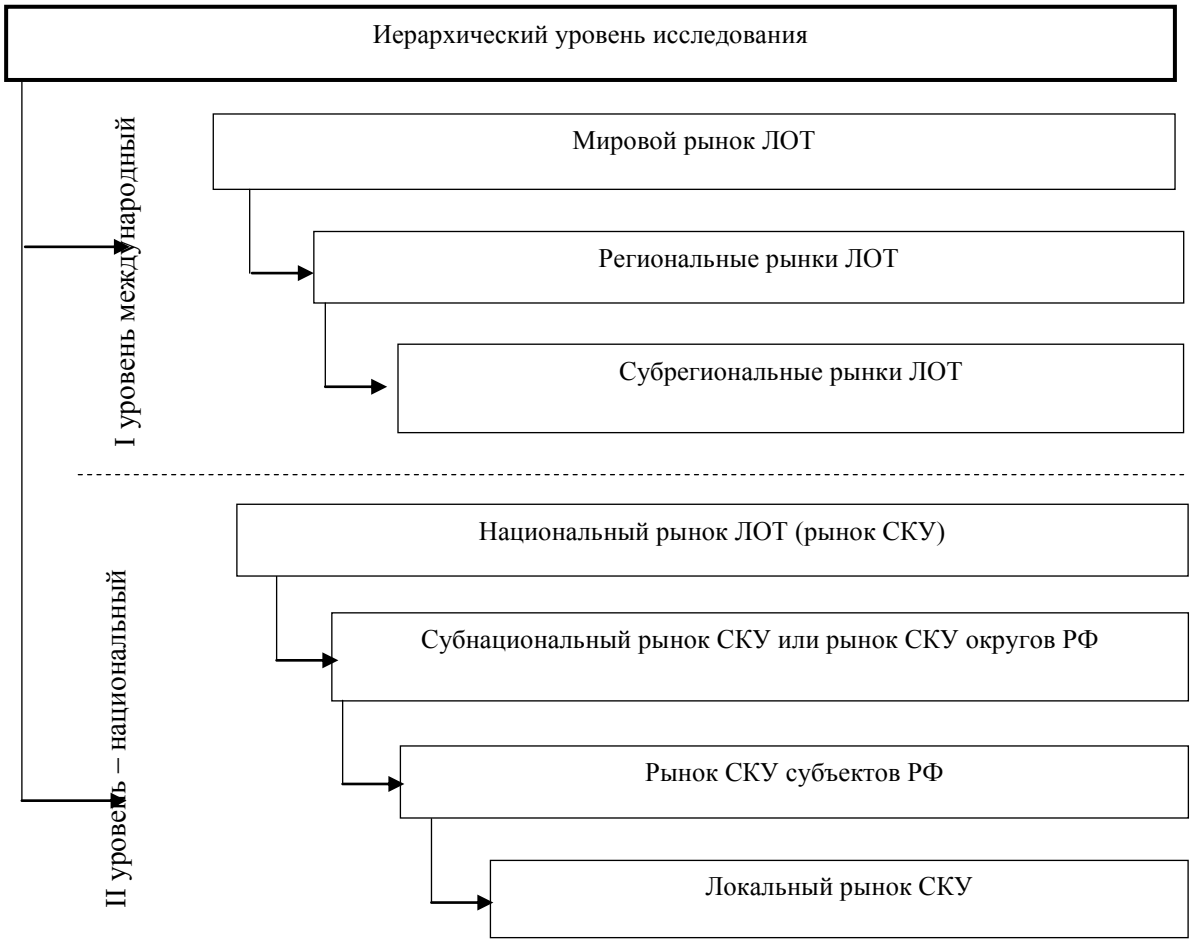


Рис. 2. Классификационная структура рынка лечебно-оздоровительного туризма (ЛОТ) и санаторно-курортных услуг (СКУ) как объектов исследования
Fig. 2. The classification structure of the market of health tourism and sanatorium-resort services as objects of study

Как было указано ранее, методология системного анализа рынка санаторно-курортных услуг направлена определение текущего состояния и потенциала структурных компонентов этого рынка. Одна из специфических черт российского рынка санаторно-курортных услуг заключается в том, что он представлен множеством региональных рынков, различающихся по состоянию отдельных параметров, которые характеризуют уровень его развития. Данная характерная черта национального рынка санаторно-курортных услуг требует выделения схожих по интегральным признакам групп региональных рынков или его кластеризации.

Место и роль кластеризации рынка санаторно-курортных услуг в методологии системного анализа рынка санаторно-курортных услуг состоит в том, что выделение схожих по ключевым параметрам развития групп региональных рынков является одним из ключевых компонентов формирования эффективного механизма долгосрочного развития территориальных санаторно-курортных комплексов. Грамотно реализованная кластеризация национального рынка санаторно-курортных услуг позволяет создать качественную аналитическую основу для принятия результативных решений по развитию отдельных региональных рынков с учётом их специфики и совокупности факторов, определяющих развитие.

Кластеризация рынка санаторно-курортных услуг России как один из методических компонентов системного анализа национального рынка санаторно-курортных услуг может проводиться по различным интегральным характеристикам. Под кластером, применительно к результатам системного анализа рынка санаторно-курортных услуг, понимается группа региональных рынков санаторно-курортных услуг, объединённых тем или иным аналитическим критерием. В результате применения разработанной автором методики исследования рынка санаторно-курортных услуг были выделены кластеры по следующим основаниям.

1. По уровню конкурентного развития региональных рынков, расчёт которого осуществляется на основе изучения инфраструктурных параметров (основной и сопутствующей инфраструктуры), показателей потребления, характеристик предложения и других факторов. В результате ком-

плексного исследования развития национального и регионального рынков санаторно-курортных услуг, они были разделены на следующие кластеры:

- с высоким уровнем конкурентоспособности (Краснодарский край, Ставропольский край, Республика Карелия, Алтайский край, Республика Башкортостан и др.),
- со средним уровнем конкурентоспособности (Пермский край, Республика Татарстан, Ленинградская область, Республика Бурятия и др.),
- с наименьшим уровнем конкурентоспособности (Камчатский край, Тульская область, Тверская область, Тамбовская область и др.) конкурентоспособности.

На рис. 3, 4 представлено пропорциональное распределение этих кластеров.

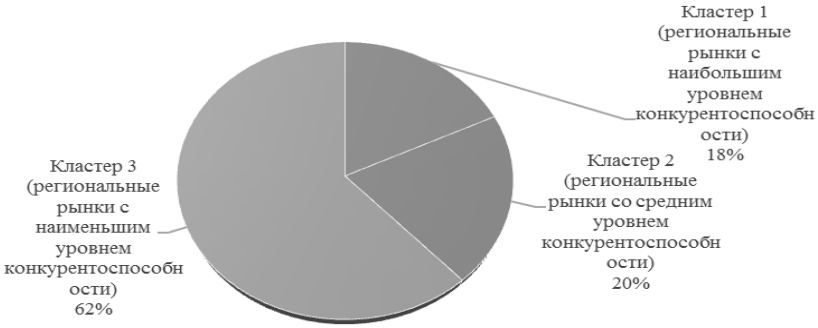


Рис. 3. Кластеризация региональных рынков санаторно-курортных услуг по уровню конкурентоспособности
Fig. 3. Clustering of regional markets sanatorium-resort services in terms of competitiveness

2. По оценке степени влияния рынка санаторно-курортных услуг на экономику региона и его роли в национальной экономике, который определяется на основе анализа доли санаторно-курортных услуг в валовом региональном продукте, доли регионального рынка на национальном рынке и других факторов. На основе проведённого анализа статистических данных Федеральной службы государственной статистики, региональные рынки были разделены нами на следующие кластеры (рис. 4).

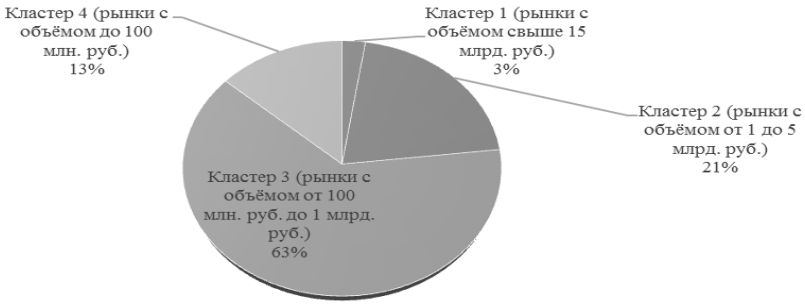


Рис.4. Кластеризация региональных рынков санаторно-курортных услуг по степени влияния на региональную экономику и роли на национальном рынке
Fig. 4. Clustering of regional markets spa services in terms of impact on the regional economy and the role of the national market

В последние годы в России наблюдается усиление межрегиональной дифференциации по уровню развития рынков санаторно-курортных услуг и территориальных санаторно-курортных комплексов, что ещё сильнее очерчивает границы кластеров. Решение проблемы усиления межрегиональных диспропорций в развитии национального рынка санаторно-курортных услуг должно осуществляться «точечно», путём анализа состояния отдельных региональных рынков санаторно-курортных услуг, изучения преимуществ конкретных территориальных санаторно-курортных комплексов, оценки внутреннего и внешнего потенциала развития рынков санаторно-курортных услуг.

На основании анализа строится механизм управления устойчивым развитием рынка санаторно-курортных услуг, в рамках которого формируется планомерная система воздействия субъектов управления региональным рынком санаторно-курортных услуг на объекты инфраструктуры территориальных санаторно-курортных комплексов и группы потребителей этого рынка.

Оценка внутреннего и внешнего потенциала развития регионального рынка санаторно-курортных услуг была проведена нами на примере Пермского края, входящего во вторую кластерную группу по уровню конкурентоспособности и объёму рынка (таблица 2).

Таблица 2
Table 2

Характеристика отдельных показателей внешнего и внутреннего потенциала развития рынка санаторно-курортных услуг Пермского края за 2010 – 2014 гг.*
Highlights of individual indicators of internal and external potential of development of the market of sanatorium-resort services of the Perm Krai for 2010 – 2014.*

Показатель	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2014 г. к 2013 г., %
Среднедушевые денежные доходы населения, тыс. руб.	18	19,8	21,3	23,3	25,7	28,5	11,0%
Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума в % от общей численности населения, %	14,2	13,2	14,4	12,2	11,6	11,8	0,2%
Естественный прирост (+), (убыль (-) населения на 1000 чел.	-1,7	-1,2	-0,6	0,6	2,1	2,1	-1,4%
Уровень смертности (количество умерших на 1000 чел.)	15,3	15,3	14,7	14,2	14	14	0,0%
Уровень заболеваемости	982,5	931,3	937,3	928,4	916,5	915,2	-0,1%
Доля расходов населения на отдых и туризм в общем объёме затрат, %	2,1%	1,7%	1,4%	2,9%	2,5%	2,6%	0,1%
Доля расходов населения на здравоохранение в общем объёме затрат, %	3,4%	3,4%	3,0%	3,2%	3,4%	3,6%	0,2%
Объём платных туристских услуг, оказанных населению, тыс. руб.	1411,1	1596,6	2229,4	2834,6	3335,7	3027,3	-9,2%
Объём платных санаторно-оздоровительных услуг, оказанных населению, тыс. руб.	1869,2	1944,3	2226,0	2554,6	2823,0	3029,9	7,3%
Число КСР, ед.	213	231	271	275	262	269	2,7%
Инвестиции в развитие КСР, млн. руб.	16,2	13,2	62	59	16,9	15,4	-8,9%
Число СКО, ед.	53	48	46	46	45	43	-4,4%
Число номеров в СКО, ед.	3 963	3 727	3 743	3 622	3 459	3475	0,5%

*составлено по данным [8,28]

В результате анализа были сделаны следующие основные выводы:

- в последние годы в Пермском крае наблюдается увеличение уровня жизни населения, что выражается в росте ключевых показателей социально-экономического развития (увеличение среднедушевых доходов населения, рост соотношения среднедушевых доходов и прожиточного минимума, уровень затрат на отдых и туризм и др.). Вместе с тем качество жизни населения и состояние отдельных социально-экономических показателей не достигло уровня, когда потребители могут в массовом порядке осуществлять траты на отдых и оздоровление;
- в регионе имеются проблемы демографического свойства, которые ограничивают потенциал реализации внутреннего рынка санаторно-курортных услуг;
- оценка возможностей реализации внешнего потенциала (привлечения постояльцев в санаторно-курортные организации из других регионов) показывает, что низкий уровень развития производственной инфраструктуры санаторно-курортного комплекса региона (отрицательная динамика коллективных средств размещения, численности СКО, числа мест в них), а также недостаточный инвестиционный климат снижают возможности реализации внешнего потенциала развития рынка санаторно-курортных услуг.

Выводы

Таким образом, изучение состояния и потенциала развития рынков санаторно-курортных услуг представляет собой сложный процесс последовательных мероприятий организационно-аналитического характера. Формирование долгосрочных программ устойчивого развития санаторно-курортных услуг на национальном и региональном уровнях должно быть основано на научно обоснованных методах и логически обоснованной методологии проведения такого анализа. Среди направлений дальнейших исследований по повышению эффективности функционирования национальной санаторно-курортной индустрии можно выделить:

- разработку методик комплексной оценки состояния региональных рынков санаторно-курортных услуг;
- формирование методологических и прикладных аспектов стратегического механизма устойчивого развития территориальных санаторно-курортных комплексов;
- разработку системы оценки эффективности функционирования территориальных санаторно-курортных комплексов.

В заключение отметим, что формирование методологических аспектов проведения системного анализа и кластеризации рынка санаторно-курортных услуг, а также поставленная в данном исследовании цель разработки научно обоснованного инструментария, направленного на проведение комплексного анализа состояния и потенциала развития региональных сегментов национальной санаторно-курортной индустрии, требуют решения задач научно-прикладного характера. В отечественной курортологии и теории управления санаторно-курортной деятельностью всё ещё отсутствует методология системного анализа санаторно-курортной индустрии на различных территориальных иерархических уровнях. Отсутствие закреплённых в методологии концептуальных взглядов развития санаторно-курортной деятельности на долгосрочный период во многом определяет недостаточное понимание роли санаторно-курортной индустрии на уровне принятия практических решений органами государственной власти федерального и регионального уровня, что проявляется в недостаточном программном и ресурсном обеспечении санаторно-курортной деятельности. Уникальная роль санаторно-курортной индустрии в обеспечении здоровья нации требует проведения комплексного анализа её состояния, кластеризации на основе общих черт состояния отдельных региональных сегментов национального рынка санаторно-курортных услуг. Выделенные и уточнённые в настоящем исследовании методологические аспекты проведения системного анализа и кластеризации рынка санаторно-курортных услуг позволяют заложить теоретическую и практическую основу эффективного управления национальной санаторно-курортной индустрией.

Список литературы
References

1. Берлин С.И. 1998. Формирование экономического потенциала рекреационной зоны: На примере Краснодарского края: Автореф. дис. ...д-ра экон. наук. СПб., 34.
Berlin S.I. 1998. Formation of economic potential of a recreational zone: On the example of Krasnodar Krai: Avtoref. yew.... Dr.s экон. sciences. SPb.,34.
2. Боков М.А., Ветитнев А.М., Попков В.П., Угрюмов Е.С., Шаповалов В.М. 2001. Менеджмент в санаторно-курортных организациях. Под науч. ред. М.А.Бокова. В 3-х частях. СПб., СПбГУЭФ, 230.
Bokov M. A., Vetitnev A.M., Popkov V.P., Ugryumov E.S., Shapovalov V. M. 2001. Management in the sanatorium organizations. Under the scientific. ed. of M. A. Bokov. In 3 parts. SPb., FINEK, 230.
3. Большая Советская Энциклопедия 3-е издание. 1968 - 1979. М.: Советская Энциклопедия, 227.
Big Soviet Encyclopedia 3rd edition. 1968-1979. M.: Soviet Encyclopedia, 227.
4. Ветитнев А.М. 2011. Маркетинг санаторно-курортных услуг: учебное пособие. М.: Медицина, 224.
Vetitnev A.M. 2011. Marketing of sanatorium services: manual. M.: Medicine, 224.
5. Волкова В.Н., Денисов А.А. 1999. Основы теории систем и системного анализа. Изд. 2-е. СПб.: СПб.ГТУ.
Volkova V.N., Denisov A. A. 1999. Fundamentals of theory of systems and system analysis. Ed. 2. SPb.: SPb.STU.
6. Герасимов Н.Г. 1985. Структура научного исследования (Философский анализ познавательной деятельности в науке). М.: Мысль.
Gerasimov N. G. 1985. Structure scientific studies (Philosophical analysis of cognitive activity in science). M.: Mysl.
7. Дегтярев Ю.И. 1996. Системный анализ и исследование операций. М.: Высшая школа.
Degtyarev Y.I. 1996. Systems analysis and operations research. M.: Higher school.
8. Демографический ежегодник России. 2014: Стат.сб./ Росстат.М.
Demographic Yearbook of Russia. 2014: Stat.sat./ Rosstat. M.
9. Джанджугазова Е.А. 2005. Формирование стратегии развития регионального туристско-рекреационного комплекса: диссертация ... доктора экономических наук. Москва, 254.
Dzhandzhugazova E.A. 2005. Formation of strategy of development of a regional tourist and recreational complex: thesis... Doctors of Economics. Moscow, 254.
10. Здравоохранение в России 2013: Стат. сб./Росстат. М.
Health care in Russia 2013: Stat. сб. / Rosstat. M.
11. Инвестиции в России 2013: Стат.сб./ Росстат. М.
Investments in Russia 2013: Stat.sb./Rosstat. M.
12. Кабанов В.Н. 2015. Экономические измерения с использованием показателя «добавленная стоимость». Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика и информатика. №13 (210). Вып. 35/1: 62-70.
Kabanov V.N. 2015. Economic measurements with use of an indicator «a value added». Scientific sheets of BELGU. Economy series. No.13 (210). 35/1: 62-70.
13. Калмыкова Н.В. 2003. Маркетинговое обеспечение формирования и реализации целевой комплексной программы развития восстановительной медицины: Автореф. дис. ...канд. экон. наук. Сочи, 19.

Kalmykova N.V.2003. Marketing ensuring formation and implementation of the target comprehensive program of development of recovery medicine: Avtoref. yew.... edging. economy. sciences. Sochi, 19.

14. Котлер Ф., Боуэн Дж., Мейкенз Дж. 1998. Маркетинг. Гостеприимство и туризм. Учебник для вузов. Под ред. Р.Б.Ноздревой. М.: ЮНИТИ, 787.

Kotler Ph., Bowen J., Makens J. 1998. Marketing. Hospitality and Tu-terrorism. Tutorial for universities. Edited by R. B. Nozdreva. M.: Uniti, 787.

15. Краевский В.В. 2001. Методология научного исследования: Пособие для студентов и аспирантов гуманитарных ун-тов. СПб.: СПб. ГУП.

Kraevskij V.V. 2001. The Methodology of scientific research: a Handbook for students and graduate students of humanitarian universities. SPb.: SPb. Sue.

16. Краевский В.В. 1994. Методология педагогического исследования. Самара: Изд-во Сам ГПИ, 233.

Kraevskij V.V. 1994. Methodology of pedagogical research. Samara: Publishing the SEI, 233.

17. Масюкова Н.А. Проектирование в образовании. Минск: Технопринт.

Masyukova N.A. Design in education. Minsk: Технопринт.

18. Методологические основы научного познания. 1972. Под ред. П.В. Попова. Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Высшая школа.

Methodological foundations of scientific knowledge. 1972. Ed. by V.P. Popov. Proc. a manual for students of universities. M.: Higher school.

19. Национальные счета России в 2006-2013 годах: Стат. сб. (2013). Росстат. М., 311.

National accounts of Russia in 2006-2013: Stat. сб. (2013). Rosstat. M.,311.

20. Никулина Е.В., Овчинникова О.П. 2015. Модернизация экономики и обоснование оптимальной структуры регионального социально-экономического комплекса. Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика и информатика. №13 (210). Вып. 35/1: 27-35.

Nikulina E.V., Ovchinnikova O.P. 2015. Modernization of economy and justification of optimum structure of a regional social and economic complex. Scientific sheets of BELGU. Economy series and informatics. No. 13 (210). 35/1: 27-35.

21. Новиков А.М., Новиков Д.А. 2007. Методология. М.: СИНТЕГ, 668.

Novikov A.M., Novikov of D.A. 2007. Methodology. M.: SINTEG, 668.

22. Оборин М.С. 2010. Системно-диалектическая методология (системный подход) как инструмент исследования курортно-рекреационных систем разного иерархического уровня. Региональные исследования. Смоленск. №3: 54-61.

Oborin M.S. 2010. Systematic-dialectical methodology (system approach) as a tool to research the resort and recreational systems of different hierarchical level. Regional studies. Smolensk. №3: 54-61.

23. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. 1989. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа.

Peregudov F.I., Tarasenko F.P. 1989. Introduction to system analysis. M.: Higher school.

24. Пигнастый О.М. 2015. Анализ моделей переходных управляемых производственных процессов. Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика и информатика. №13 (210). Вып. 35/1: 133-143.

Pignasty O.M. 2015. The analysis of models of the transition operated productions. Scientific sheets of BELGU. Economy series and informatics. № 13 (210). 35/1:133-143.

25. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 317 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие культуры и туризма» на 2013 - 2020 годы». Информационно-правовая система. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162185/?frame=6 (дата обращения 03.08.2015).

The decree of the Government of the Russian Federation of 15.04.2014 No. 317 «On approval of the state program of the Russian Federation «Development of culture and tourism» for 2013 – 2020». The legal Information system. [Electronic resource]. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162185/?frame=6 (03.08.2015).

26. Розничная торговля и услуги населению. Платные услуги населению. Росстат. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/retail/# дата обращения (03.08.2015).

Retail trade and services to the population. Paid services to the population. Rosstat. [Electronic resource]. - URL: http://www .gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/retail/# date of the address (03.08.2015).

27. Рыков А.С. 2005. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация. М.: МИСИС.

Rykov A.S. 2005. Models and methods of system analysis: decision making and optimization. M.: MISIS.

28. Социальное положение и уровень жизни населения России. 2014: Стат.сб. Росстат - М., 321.

Social status and standard of living of the Russian population. 2014: Stat.sat. Rosstat - M., 321.

29. Философский энциклопедический словарь. 1983. М.: Сов. Энциклопедия.

Philosophical encyclopedic dictionary. 1983. M.: Owls. Encyclopedia.

30. Чудиновских С.А. 2003. Формирование системы маркетинговых исследований в сфере санаторно-курортных услуг: Автореф. ...канд. экон. наук. Сочи, 19.

Chudinovskikh S.A. 2003. Formation of system of marketing researches in the sphere of sanatorium services: Avtoref.... edging. экон. sciences. Sochi, 19.

УДК 338

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

CURRENT STATE, PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF TOURIST AND RECREATIONAL COMPLEX OF KRASNODAR REGION

Т.Л. Оганесян, Е.В. Фоменко, В.В. Антошкина
T.L. Oganesyan, E.V. Fomenko, V.V. Antoshkina

Кубанский государственный технологический университет, Россия, 350072 г. Краснодар, ул. Московская, 2
Кубанский социально-экономический институт, Россия, 350075, г. Краснодар, ул. Камвольная, 3
Кубанский государственный университет, Россия, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

Kuban State technological University, 2, Moskovskaya St., Krasnodar, 350072, Russia
Kuban Social and Economic Institute, 3, Kamvolnaya St., Krasnodar, 350075, Russia
Kuban State University, 149, Stavropolskaya St., Krasnodar, 350040, Russia

E-mail: oganesyant@mail.ru, aelena_@rambler.ru, viktoriaa_@mail.ru

Аннотация. К началу 2015 г. произошло изменение структуры российского турбизнеса – на 40 % уменьшился спрос на выездной организованный туризм и значительно, на 30 %, увеличился внутренний турпоток, достигнув отметки 41,5 млн поездок.

Основной задачей, поставленной Правительством РФ, является увеличение туристского потока за счет формирования добросовестной конкурентной бизнес-среды в сфере туризма.

В настоящее время, в соответствии с ориентирами социально-экономического развития Краснодарского края, туризм выделен в приоритетную отрасль. На этот вид экономической деятельности делается ставка и при переходе от сырьевого к инновационному, социально ориентированному типу развития.

Resume. By the beginning of 2015 there was a change of structure of Russian tourist industry - by 40% decreased the demand for outbound tourism and organized significantly, by 30%, domestic tourist arrivals increased, reaching 41.5 million trips.

The main task of the Government of the Russian Federation, is the increase in tourist traffic due to the formation of fair competitive business environment in tourism.

Currently, in accordance with the guidelines of socio-economic development of Krasnodar region, tourism is highlighted in the priority sectors. This type of economic activity is the rate in the transition from raw to innovative, socially oriented type of development.

Ключевые слова: рекреационный комплекс, туристско-рекреационный комплекс, статистические показатели, региональный турпродукт, Краснодарский край.

Key words: recreational complex, a tourist-recreational complex, statistical indicators, the regional tourism product, Krasnodar region.

Последние 20 лет в России туризм в основном воспринимался только как зарубежный отдых. По данным Всемирного Банка и ЮНВТО в период с 1991 по 2014 год российскими туристами было вывезено из страны 450 млрд долларов. Таким образом, в настоящее время существует большой потенциал для импортозамещения этого объема выпадающих туруслуг. Удовлетворить спрос российских путешественников, отказавшихся от поездок за границу, и обеспечить условия для экономического роста регионов возможно за счет развития внутреннего туризма путем создания туристской инфраструктуры и конкурентоспособного на внутреннем и мировом туристских рынках турпродукта.

К началу 2015 г. произошло изменение структуры российского турбизнеса – на 40% уменьшился спрос на выездной организованный туризм и значительно, на 30%, увеличился внутренний турпоток, достигнув отметки 41.5 млн поездок.

Основной задачей, поставленной Правительством РФ, является увеличение туристского потока за счет формирования добросовестной конкурентной бизнес-среды в сфере туризма.

В настоящее время, в соответствии с ориентирами социально-экономического развития Краснодарского края, туризм выделен в приоритетную отрасль. На этот вид экономической деятельности делается ставка и при переходе от сырьевого к инновационному, социально ориентированному типу развития [Антошкина и др., 2015].

Следует заметить, что комплекс тактических мероприятий, реализованных Администрацией Краснодарского края в сфере развития туризма, позволил добиться определенной устойчивости региона на туррынке, о чем свидетельствуют статистические данные (таблица 1) и стабильно высокие места по многочисленным рейтингам туристского потенциала. Одним из основных показателей динамики развития ТРК является туристский поток (рисунок 1).

По оценкам специалистов, в ближайшие годы количество посещений должно достигнуть 14 млн. Однако анализируя официальные статистические данные можно отметить только незначитель-

ОТОЗВАНА ЕТРАСТЕД 22.08.2019

ный рост турпотока в 2015 г. по сравнению с соответствующим периодом (январь-сентябрь) 2014 г., что является следствием кризисных явлений в экономике страны.

Таблица 1
Table 1

Основные статистические показатели туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края
Key statistics tourist and recreational complex of Krasnodar Region

Показатели	Годы					
	оценка			прогноз		
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Количество организаций в комплексе – всего (ед.)	1046	1082	1120	1150	1176	1196
в т. ч.: коллективные средства размещения	976	1017	1056	1082	1107	1128
детские оздоровительные лагеря	70	65	64	67	68	68
Количество мест в организациях отдыха – всего (ед.)	180642	182410	203307	207025	210828	214945
в т. ч.: в коллективных средствах размещения	177830	180391	201331	204989	208772	212859
в детских оздоровительных лагерях	2812	2019	1932	1992	2012	2042
Количество отдыхающих – всего (тыс. чел.)	10564	10837	12058	11965	12172	12378
в т. ч.: в коллективных средствах размещения	2474	2540	3042	2998	3056	3106
в детских оздоровительных лагерях	98	87	96	97	98	99
самодеятельных туристов	7991	8210	8920	8869	9018	9173
Доходы предприятий курортно-туристического комплекса – всего (в действ. ценах, млн руб.)	52198	54687	63233	63313	65809	68880
гостиниц и аналогичных средств размещения	10755	13028	16987	16318	17002	17866
организаций отдыха и туристических баз	2052	2056	2171	2245	2353	2468
санаторно-курортных учреждений	20846	20605	22473	23204	24125	25291
индивидуальных средств размещения	18544	18997	21600	21545	22327	23254

Следует обратить внимание, что в 2009–2011 году российская экономика функционировала в посткризисных условиях, что, безусловно, нашло отражение в замедлении темпов роста мирового туризма и снижению турпотока во многих странах и регионах мира. И то, что турпоток в Краснодарском крае в посткризисные годы не снизился резко, а остался на стабильном уровне, характеризует проводимую политику продвижения как достаточно эффективную. Например, в самый сложный для экономики 2009 год, когда падение туризма на отдельных направлениях составило 20–30%, в Краснодарском крае был на 65% увеличен рекламный бюджет на продвижение курортов, что, по мнению аналитиков, позволило удержать турпоток в регион на прежнем докризисном уровне. В 2010 г., как отмечают эксперты, рекламный бюджет был ниже, что соответственно отразилось и на динамике турпотока. Динамика турпотока – показатель, характеризующий эффективность рекламной деятельности на уровне региона.

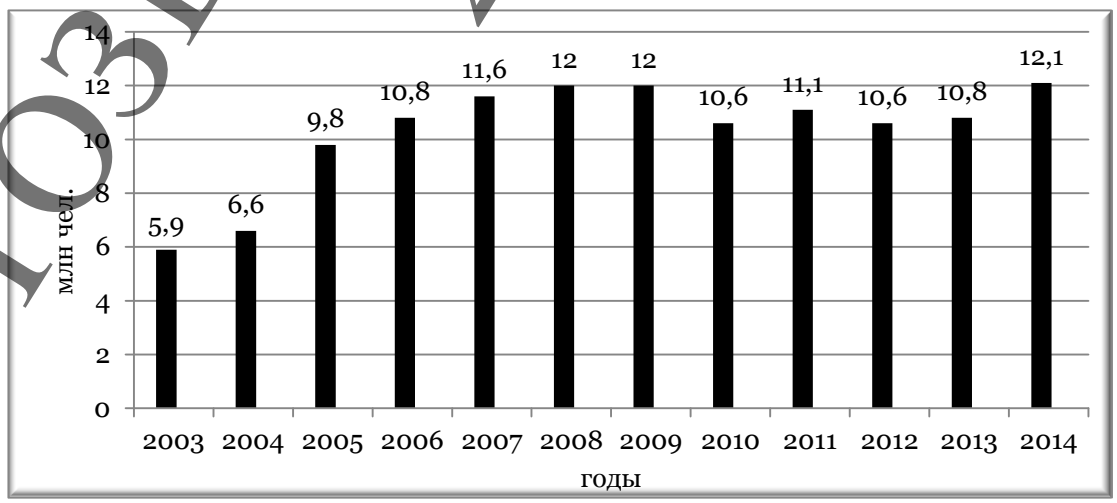


Рис. 1. Туристский поток в Краснодарский край
Fig. 1. The tourist flow in the Krasnodar region

ОТОЗВАНА/RETRACTED 22.08.2019

Согласно результатам исследований, проводимых в 2013 г. Сочинским государственным университетом по заказу Министерства курортов и туризма Краснодарского края, изменяются не только количественные показатели ТРК, но и дифференцируются цели поездок, т.е. предпочтительные виды туризма (рисунок 2). По-прежнему предпочтение отдается оздоровительному и пляжному отдыху, для других представленных видов туризма наблюдается тенденция увеличения спроса.

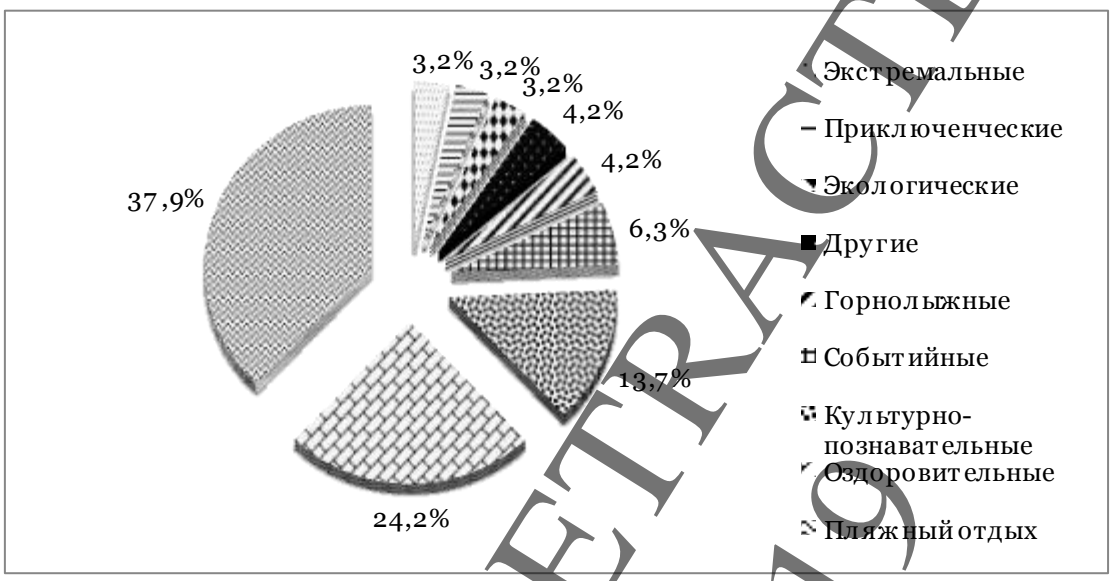


Рис. 2. Популярность видов туризма на курортах Краснодарского края
Fig. 2. The popular kinds of tourism in the resorts of the Krasnodar region

Позитивной тенденцией является достаточно высокий процент возвратных туристов, это около 60% по сегменту внутреннего туризма. Следует отметить, что качество сервиса остается одной из главных причин влияющие на отрицательный выбор потребителей в отношении отдыха на курортах Краснодарского края (рисунок 3, таблица 2).

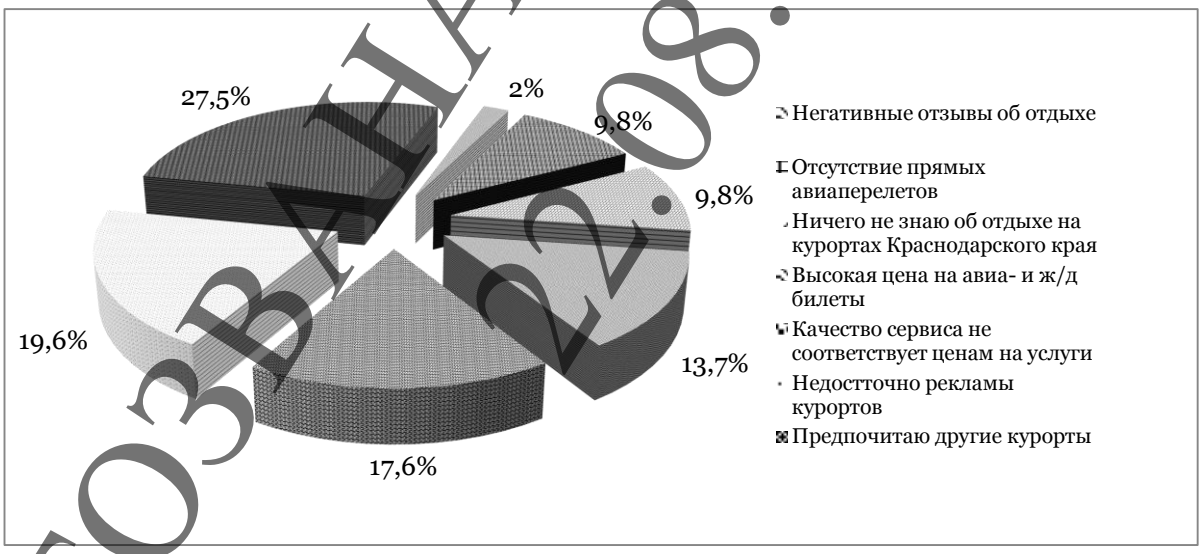


Рис. 3. Причины, влияющие на отрицательный выбор потребителей в отношении отдыха на курортах Краснодарского края
Fig. 3. The reasons influencing the negative consumer choice in relation to holiday resorts of the Krasnodar region

В качестве стагнационной тенденции следует отметить отсутствие в последние годы положительной динамики увеличения продолжительности пребывания туристов в гостиницах края.

Значительная часть туристов размещается в секторе индивидуальных средств размещения. Учитывая, что загрузка гостиниц, в общем, в крае не составляет 100%, можно сделать вывод, что отказ от гостиничного размещения обусловлен потребительскими предпочтениями туристов, а не мощностью базы размещения края.

ОТОЗВАНА/RETRACTED 22.08.2019

Таблица 2
Table 2

Оценка качества услуг
Evaluation of quality of service

Показатели оценки	Средняя оценка по 5-балльной шкале
Качество оздоровительных услуг	4.16
Качество экскурсионного обслуживания	4.11
Качество услуг размещения	4.05
Качество услуг питания	3.86
Подготовка персонала	3.29
Соответствие цены качеству услуг	2.93
Качество транспортного обслуживания	2.91

По итогам 2014 года объем услуг ТРК в Краснодарском крае составил 74.0 млрд рублей (рисунок 4).

Таким образом, при изучении современного состояния ТРК Краснодарского края выявлены следующие тенденции:

– положительная динамика его развития;

– стабильное увеличение турпотока в период 2012–2015 годы;

– основная доля туристов приезжают с личными целями, прежде всего, с целями рекреации, связанными с проведением отпуска, отдыха и досуга;

– основная часть потока представлена гражданами РФ;

– резко возросла доля транзитного потока, что обусловлено популярностью Крыма в 2014–2015 годы.

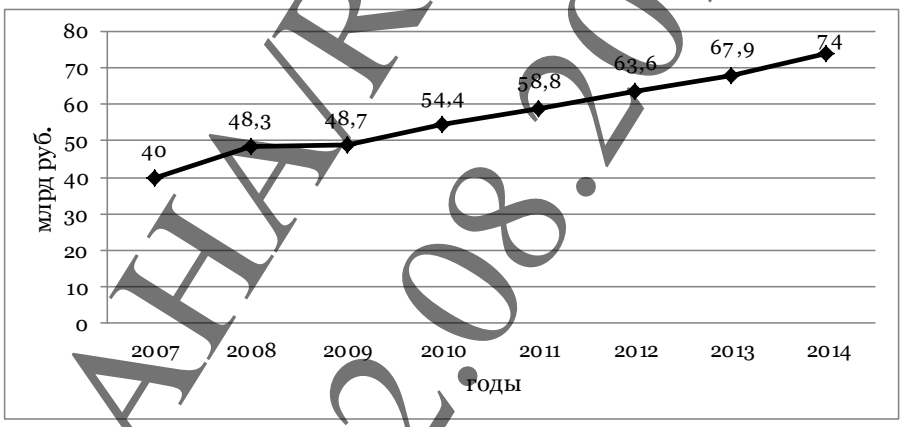


Рис. 4. Объем услуг курортно-рекреационного комплекса Краснодарского края
Fig. 4. The scope of services of the resort and recreational complex of Krasnodar region

Останавливаясь на последнем, следует отметить, что в ближайшие годы поток транзитных туристов будет увеличиваться, особенно после возведения моста через Керченский пролив. Поэтому, для достижения долгосрочных целей необходимо реализовать целый комплекс мероприятий, среди которых обязательно должны быть мероприятия по «задержанию» транзитного потока и по увеличению продолжительности пребывания туристов, особенно в Приазовской рекреационной зоне. А этого невозможно достигнуть без формирования перспективных туристских продуктов, адаптированных под требования потребителей сегментов внутреннего и въездного туризма.

Также внимание следует уделять расширению географических рынков сбыта регионального турпродукта по вектору въездного туризма.

Для уточнения организационно-качественных параметров регионального рынка туризма, которые закладываются в основу оптимизации процесса формирования перспективных, конкурентоспособных туристских продуктов, следует осуществить дополнительные исследования в трех плоскостях [Фоменко и др., 2014].

1 Выявление целевых групп потребителей в соответствии с географией прибытий туристов в Краснодарский край. Учитывая приоритеты международного и межрегионального сотрудничества края, наиважнейшими рынками сбыта турпродукта должны стать страны СНГ. Изучая основные рынки внутреннего туризма, следует приоритетными считать рынки Московского региона, Санкт-Петербурга и Западно-Сибирского региона, а также близлежащие субъекты РФ.

ОТОЗВАНА/RETRACTED 22.08.2019

Результаты исследований по данному направлению позволят уточнить географические аспекты стратегических и тактических мероприятий по развитию сферы туризма в крае, прежде всего, в сфере маркетинга.

2 Уточнение видовой специализации в целях модернизации традиционных туристских продуктов и определения перспектив по диверсификации предложения на основе имеющихся туристских ресурсов. В первую очередь следует подчеркнуть, что диверсификационные подходы смогут обеспечить стратегическое развитие и конкурентоспособность турпродукта края.

3 Выделение иерархии приоритетных видов туризма с учетом тенденций развития глобального туризма, тенденций развития внутреннего туризма в целом по России в целях построения перспективы по выходу на рынок с принципиально новыми для Краснодарского края туристскими продуктами и управления инфраструктурными изменениями в среднесрочном периоде.

По данным ЮНВТО, по перспективности развития отдельных видов туризма в мире формируется следующая иерархия приоритетных видов туризма: рекреация, проведение каникул, отпусков, отдыха; оздоровление, религиозный и паломнический туризм; деловой туризм; сельский туризм.

В стратегической перспективе развития туризма в Краснодарском крае следует отметить высокий потенциал делового и сельского туризма. По оценкам World Traveland Tourism Council (WTTC), к 2020 году глобальный рынок делового туризма составит $1.589 трлн., что означает ежегодный рост на 4.3%, а объём российского рынка деловых поездок достигнет $18.4 млрд при ежегодном росте на 5.9%. Данные WTTC доказывают перспективность развития делового туризма в мире в целом и России в частности. Статистические данные показывают, что среди целей приезда в Краснодарский край большую долю занимают служебные цели.

На современном этапе деловой туризм в России находится в стадии становления. В Краснодарском крае имеется высокий экономический и культурный потенциал, достаточно развития инфраструктура и налаженная индустрия отдыха и развлечений, т.е. имеются все необходимые предпосылки для развития делового туризма.

Сельский туризм, один из наиболее популярных видов отдыха за рубежом, также является приоритетным направлением развития туризма в крае. Мировая практика показывает средний рост сектора сельского туризма на 6% в год. В развитых европейских странах сельский туризм по популярности занимает второе место после пляжного и приносит около 20–30% общего дохода туриндустрии. В мире ежегодно путешествуют около 700 млн человек, из них предпочитают сельский туризм от 12 до 30% [Здоров].

Однако в России сельский туризм относится к ряду новых видов туризма, поэтому конкуренция в этом секторе не настолько остра, как в других видах туризма. В России сельский туризм начал развиваться в Московской области. Наиболее известен сельский туризм в настоящее время на Алтае.

На современном этапе сельский туризм в крае находится в стадии становления. Учитывая рекреационный потенциал Краснодарского края, место сельского хозяйства в экономике региона и создаваемую базу для его развития, этот вид туризма может стать одним из ведущих сегментов рынка, особенно в степной зоне края.

Следует отметить, что значительная часть рекреантов прибывает в Краснодарский край на автомобильном транспорте даже из отдаленных регионов. Вообще, автотуризм, по данным ЮНВТО, составляет 40% всего туристского потока, находясь на втором месте после авиатранспорта. По данным экспертов, прирост автотуристов в турпотоке в России достигает 10–15% ежегодно, а за рубежом этот показатель несколько выше – 15–20%. Как показывает практика, автотуры пользуются спросом среди мобильных путешественников с достатком выше среднего уровня в возрасте от 35 лет. При этом рост интереса к этому сегменту наблюдается со стороны семейных туристов. Средняя продолжительность автомобильных поездок составляет порядка 7–10 дней.

Краснодарский край обладает основным условием активного развития автотуризма – развитой сетью автодорог. Факторами, способствующими развитию автотуризма, следует считать повышение информационной доступности, совершенствование навигации, в т.ч. электронной, проводимые соответствующими краевыми целевыми программами.

До 2020 г. на территории Краснодарского края планируется создание комплексов объектов туристско-рекреационной инфраструктуры, сформированных по кластерному принципу, в том числе автотуристские кластеры «Лермонтово» (Туапсинский район), «Можжевеловая роща» (город-курорт Геленджик), «Горячий Ключ» (г. Горячий Ключ). Реализация данных инвестиционных проектов планируется на наиболее популярных маршрутах и федеральных трассах, а также вблизи мест, представляющих значительный интерес для туристов и отдыхающих.

Согласно общемировым тенденциям большинство путешественников, более 57%, – молодые люди. Известно, что основной фактор развития молодежного туризма – его ценовая доступность. В Краснодарском крае начади работать наиболее востребованные молодежью коллективные средства размещения – хостелы. Разнообразная и доступная досуговая индустрия, разнообразие туристских ресурсов будут способствовать разработке молодежных программ.

ОТОЗВАНА/RETRACTED 22.08.2019

Сложившаяся политическая и экономическая ситуация в мире является позитивной для развития внутреннего и въездного туризма. Это ведет к двум важным следствиям: 1) ослабление рубля привело к снижению стоимости туров в Россию для иностранных туристов; 2) запрет выездного туризма для некоторых категорий россиян, выбиравших ранее зарубежные курорты, принуждает их, выбирать внутренние курорты, особенно Черноморского побережья. Посетившие в 2014 г. Краснодарский край туристы принесли в бюджет края 5.6 млрд руб., что больше уровня 2013 г. на 18.1%, объем услуг курортно-туристского комплекса по сравнению с 2013 г. увеличился на 18.3% (в сопоставимых ценах) до 34.9 млрд руб.

В масштабах России эти изменения выглядят следующим образом: в 2013 г. количество туристов, путешествующих по России, было на уровне 32 млн человек; в 2014 г. – 41.5 млн чел., что было отмечено выше. В Ростуризме отмечают рост на 25% числа туроператоров, которые занимаются внутренним туризмом. На 1 февраля 2014 г. таких фирм было 2957, на соответствующий период 2015 г. – 3710. Это происходит за счет того, что туроператоры, понимая большой потенциал внутреннего туризма, переориентируют свою деятельность [Сафонов].

Еще одним фактором, способствующим наращиванию туристского потока в регион, является то, что в преддверии подготовки к Олимпиаде 2014 г. был введен в строй и реконструирован значительный объем номерного фонда г. Сочи. Емкость средств размещения увеличилась фактически в два раза. Тем не менее, приток туристов может привести к нехватке номерного фонда в пиковые месяцы: июль и август.

Таким образом, по предварительным подсчетам, что в 2015 г. выездной туристский поток из России значительно сократится, вплоть до 50%. При этом, по некоторым направлениям возможно падение до 80%. Это приведет к тому, что за рубеж отправятся на 7–8 млн граждан меньше, чем в 2014 г. Значительное их количество может быть переориентировано на курорты Краснодарского края. Так, в начале 2015 г. вице-президент группы компаний «Пегас Туристик» анонсировал, что к началу курортного сезона компания выйдет на туристский рынок Краснодарского края. «Пегас Туристик» готов привлечь в Сочи большое количество туристов – до 100 тыс. чел. С этой целью в компании уже разрабатывают единый туристический продукт, который будет включать в себя все необходимые услуги: авиаперелет, проживание и трансфер. Таким образом, клиентам компании будет предложена альтернатива выездному туризму.

Эта тенденции, по оценкам специалистов, продлится еще 1–2 года, пока уровень зарплат и цен, компенсирует падение в кризис. За это время туристская индустрия в России, получая дополнительный доход, должна совершить рывок для того, чтобы после восстановления докризисного состояния иметь возможность предложить разнообразный инновационный турпродукт, способный заинтересовать значительную часть потенциальных туристов.

Одним из сдерживающих факторов значительного увеличения турпотока на курорты Краснодарского края является ценовая политика, особенно на авиаперелеты. В таблице 3 приведены результаты сравнительного анализа цен на авиаперелеты в Сочи из отдаленных регионов России и цены на турпакеты, которые включают не только авиаперелет, но и проживание, и другие услуги, предоставляемые отдыхающим отелями.

Таблица 3
Table 3

Сравнительный анализ цен на авиаперелеты в Сочи и турпакеты в Турцию и Таиланд из крупных городов Сибирского Федерального округа
Comparative analysis of prices on flights in Sochi and travel packages to Turkey, Thailand and the major cities of the Siberian Federal District

Город отправления	Минимальная цена авиаперелета в Сочи, туда и обратно тыс. руб.		Минимальная цена турпакета с авиаперелетом в Турцию (отель 2-3* AI)		Минимальная цена турпакета с авиаперелетом в Таиланд (отель 1-3* BB)	
	2013	2015	2013	2015	2013	2015
Барнаул	21.1*	25.7	23.6 (6**)	24.8	26.2 (12)	43.4(9**)
Иркутск	34.8	28.7	27.9 (7)	24.5	26.6 (13)	72.4 (13)
Кемерово	28.2	27.7	27.6 (8)	33.8	21.9 (10)	69.3 (10)
Красноярск	20.8	25.6	24.7 (7)	19.4	20.6 (6)	37.5 (15)
Новокузнецк	17.9	26.6	26.0 (6)	25.7	23.0 (13)	44.1 (9)
Новосибирск	21.7	21.2	20.5 (6)	72.7	23.6 (6)	63.9 (6)
Омск	23.0	24.,2	22.0 (7)	47.6	35.0 (12)	61 (10)
Томск	24.4	22.7	29.3(13)	31.9	32.5 (12)	45.4 (9)
Чита	28.1	32.1	34.2 (13)	39.2	22.8 (11)	75.3 (12)

* цены приведены на начало сентября 2015 г. в тыс. руб. на человека
** количество ночей

ОТОЗВАНА/RETRACTED 22.08.2019

Привлечь иностранных туристов на пляжный отдых в Краснодарский край, на сегодня, выглядит слишком сомнительно. Этому препятствуют: территориальная удаленность туристских центров от мест постоянного проживания туристов; визовые трудности; низкий уровень сервиса; короткий пляжный сезон. Привлекая иностранных туристов, Россия и Краснодарский край, в частности, должны делать акцент не на строительстве комфортабельных гостиничных комплексов и развитой инфраструктуры (как отметил министр курортов и туризма края – «этим мы их не удивим»), а на типичных для нашего региона видах туризма. В этом вопросе большие перспективы у этнотуризма, который позволит раскрыть самобытность и культуру нашего края.

В заключение следует отметить, что систематический мониторинг организационно-качественных параметров краевого рынка туризма хотя бы по минимальным исследовательским направлениям, обозначенным автором выше, позволит на постоянной основе совершенствовать процесс стратегического и тактического управления совокупностью турпродуктов, что обеспечит их конкурентоспособность на отечественном и международном рынках.

Список литературы
References

1. Антошкина В.В., Максимов Д.В., Фоменко Е.В. 2015. Альтернативные методики определения численности туристского потока. Экономика и предпринимательство. 3–2 (56–2): 943–948.

Antoshkina V.V., Maksimov D.V., Fomenko E.V. 2015. Al'ternativnye metodiki opredeleniya chislennosti turistskogo potoka. Ekonomika i predprinimatel'stvo. 3–2 (56–2): 943–948.

2. Выездной турпоток из России в 8 раз превышает въездной. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.atorus.ru/articles/all/article/2434.html (10 октября 2015).

Vyezdnoy turpotok iz Rossii v 8 raz prevyshaet v"ezdnoy. [Elektronnyy resurs]. - URL: http://www.atorus.ru/articles/all/article/2434.html (10 oktyabrya 2015).

3. Здоров А.Б. Комплексное развитие туризма в сельской местности. Экономический портал. [Электронный ресур]. – Режим доступа: http://institutiones.com/general/1420-razvitie-turizma.html (18 октября 2015).

Zdorov A.B. Kompleksnoe razvitie turizma v sel'skoy mestnosti. Ekonomicheskiy portal. [Elektronnyy resurs]. - URL: http://institutiones.com/general/1420-razvitie-turizma.html (18 oktyabrya 2015).

4. Сафонов О. Российская туристическая индустрия сейчас переживает переломный момент. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.russiatourism.ru.

Safonov O. Rossiyskaya turisticheskaya industriya seychas perezhivaet perelomnyy moment. [Elektronnyy resurs]. - URL: http://www.russiatourism.ru.

5. Фоменко Е.В., Оганесян Л.Л., Антошкина В.В. 2014. Диверсификационные возможности современного турпродукта. Краснодар, КСЭИ, 177.

Fomenko E.V., Oganesyan L.L., Antoshkina V.V. 2014. Diversifikatsionnye vozmozhnosti sovremennogo turprodukta. Krasnodar, KSEI, 177.

6. Business Travel & Tourism Spending. WTTC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wttc.org/research/economic-data-search-tool/ (17 октября 2015).

7. UNWTO Tourism Highlights 2013 Edition. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mkt.unwto.org/en/publication/unwto-tourism-highlights-2013-edition (18 октября 2015).

8. Электронный ресурс. – Режим доступа: http://www.russiatourism.ru/regions/?fedok=109&freg=223. (10 октября 2015).

ОТОЗВАНА ЕТРАСТЕР 22.08.2019

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

УДК 338.45

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОРПОРАЦИИ

ACTUAL ASPECTS OF FINANCIAL SAFETY OF CORPORATION

А.А. Мокропуло, Л.Л. Оганесян
A.A. Mokropulo, L.L. Oganesyan

Южный институт менеджмента, Россия, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 216
Southern institute of management, 216, Stavropolskay St., Krasnodar, 350040, Russia

E-mail: nastyamo@list.ru, oganesyan_levon@mail.ru

Аннотация. Проблема повышения финансовой безопасности корпорации получила особую актуальность. Это связано с мировой финансовой нестабильностью, глобализацией мировых финансовых рынков, постоянными колебаниями цен на энергетические ресурсы, валюту и прочими факторами. В связи с этим регионы и отрасли столкнулись с необходимостью построения комплексного механизма корпоративной финансовой безопасности. Финансовая безопасность предусматривает эффективное использование финансовых потоков корпорации для снижения угроз и нормального функционирования фирмы сегодня и с перспективой на будущее. Для повышения финансовой безопасности корпораций должна постоянно обеспечиваться максимальная финансовая гибкость и устойчивость по основным функциональным составляющим финансового потенциала.

Resume. Actuality of this research is conditioned by that the investment attractiveness of region is provided partly by the construction of effective model of financial safety of corporation. The problem of increase of financial safety of corporation got the special actuality. It is related to world financial instability, globalization of world financial markets, permanent price-waves on power resources, currency and other factors. In this connection regions and industries ran into the necessity of construction of complex mechanism of corporate financial safety. Financial safety envisages the effective use of financial streams of corporation for the decline of threats and normal functioning of firm today and with a prospect on the future.

Ключевые слова: корпорация, финансовая безопасность, капитал, фондовая биржа, инвестиционная привлекательность, финансовая гибкость, риск, надежность, устойчивое развитие, человеческий ресурс, информационная обеспеченность.
Key words: corporation, financial safety, capital, exchange stock, investment attractiveness, financial flexibility, risk, reliability, steady development, human resource, informative material well-being.

В современных условиях хозяйствования необходимым атрибутом развития региона и в целом государства является формирование финансово устойчивых корпораций, способных не только обеспечить высокую капитализацию бизнеса, максимизировать прибыль, обеспечить интересы инвесторов, но и обеспечить финансовую стабильность региона, повысить экономическую безопасность. Одним из векторов финансовой и экономической безопасности региона в условиях неопределенности становится политика импортозамещения. Определяющую роль в этом должны сыграть именно корпорации, обладающие высоким материальным, техническим и кадровым потенциалом. Финансовая безопасность корпорации – категория многогранная, обширная и, в тоже время, широко обсуждаемая среди экспертов, ученых и политиков. Проблема повышения финансовой безопасности корпорации получила особую актуальность. Это связано с мировой финансовой нестабильностью, глобализацией мировых финансовых рынков, постоянными колебаниями цен на энергетические ресурсы, валюту и прочими факторами. В связи с этим регионы и отрасли столкнулись с необходимостью построения комплексного механизма корпоративной финансовой безопасности.

Понимания сущности и содержания финансовой безопасности также в настоящее время не достигнуто. Часть ученых закладывают в эту категорию обеспечение финансовой устойчивости корпорации, другие определяют как комплекс мер, направленных на укрепление финансового состояния корпорации. Тем не менее, всех авторов объединяет общая идея о том, что финансовая безопасность корпорации – это способность противостоять финансовым рискам, внешним и внутренним угрозам путем разработки системы мер по реализации финансовой стратегии в условиях

ОТОЗВАНА/RETRACTED 22.07.2019

неопределенности, формирования оптимальной структуры капитала корпорации, повышение ликвидности и платежеспособности, недопущение признаков несостоятельности (банкротства). Идея большинства авторов заключается в том, что, по сути, категории финансовой безопасности и устойчивости взаимосвязаны, а в некоторых случаях, их можно трактовать как синонимы [Кушу, 2015].

Финансовая безопасность – это элемент общей финансовой политики корпорации, направленной на эффективность управления финансовыми ресурсами корпорации. Система финансовой безопасности определяет такой уровень и класс финансового состояния, при котором корпорация может динамично развиваться, несмотря на дополнительные финансовые риски. Разработка системы финансовой безопасности предусматривает оптимальный баланс между привлечением и размещением финансовых ресурсов и потоков с минимальными рисками и наибольшим экономическим эффектом. Для обеспечения данного условия корпорация должна поддерживать определенную гибкость в принятии управленческих решений в области финансов, гарантировать высокую финансовую независимость корпорации.

Современная финансовая система России определяет необходимость формирования механизма финансовой безопасности, обеспечивающие высокий уровень защищенности корпоративных финансов от воздействия внешних и внутренний факторов. Финансовая безопасность предусматривает эффективное использование финансовых потоков корпорации для снижения угроз и нормального функционирования фирмы сегодня и с перспективой на будущее. Финансовая безопасность характеризуется системой количественных и качественных критериев, определяющих не только уровень финансового состояния, но такие категории как надежность и мобильность капитала корпорации. Для повышения финансовой безопасности корпорация должна постоянно обеспечивать максимальную финансовую гибкость и устойчивость по основным функциональным составляющим финансового потенциала [Ермоленко, 2015].

Финансовая безопасность корпорации является элементом, неотъемлемой частью экономической безопасности. При этом, следует отметить, что именно финансовая составляющая является первостепенной, поскольку она финансово обеспечивает все сферы деятельности корпорации. Помимо финансовой составляющей в систему общей экономической безопасности входят кадровая, производственная, торговая, снабженческая, сбытовая, информационная, социальная, организационно-правовая, экологическая, технологическая и т.д. Все эти элементы характеризуются набором критериев, содержания и форм. Для повышения финансовой безопасности корпорация использует систему финансовых потоков как внешнего, так и внутреннего характера. Для достижения оптимального состояния экономической безопасности корпорации необходима система управления ресурсами корпорации. Под управлением ресурсами корпорации следует понимать совокупность мер, направленных на формирование, распределение и использование факторов бизнеса. Именно эти факторы и будут использоваться собственниками бизнеса и управляющими для выполнения основных стратегических целей и задач. В состав элементов факторов бизнеса можно отнести:

1 Капитал корпорации. Капитал является корпусом всей деятельности корпорации, так как капитал предопределяет появление и использование всех остальных видов ресурсов. Для выполнения своих функций корпорация оперирует с заемным, привлеченным и собственным капиталом. Причем критерием финансовой безопасности должен стать наибольший удельный вес именно акционерного капитала, поскольку увеличение заемного и привлеченного капитала приводит к снижению финансовой устойчивости корпорации.

2 Информационные технологии. В современных условиях использование передовых компьютерных технологий является необходимым фактором конкурентных преимуществ. Само по себе владение информацией о состоянии внешней и внутренней среды понижает уровень неопределенности и способствует расширению сфер влияния, позволяет оперативно вносить корректировки в планы деятельности, совершенствовать методы организации и управления бизнесом.

3 Человеческие ресурсы. Персонал корпорации является проводником и ключевым звеном между финансами, производством, торговой деятельностью, IT-технологиями и т.д. Именно фактор человеческого ресурса связывает воедино все звенья и цепочки хозяйственного процесса, обеспечивает достижение целей бизнеса.

4 Производственный потенциал. Производственные мощности служат средством получения качественного, конкурентоспособного и востребованного готового продукта или услуги. Высокий уровень производственного потенциала позволяет изготовить товары, работы, услуги соответствующего качества и реализовать их по оптимальной цене.

5 Организационно-правовой ресурс. Этот элемент включает в себя систему интеллектуальных, имущественных и прочих прав. Ресурс права позволяет оптимизировать финансовые затраты, связанные с научными исследованиями, технологиями и разработками, а также является дополнительным источником прибыли.

ОТОЗВАНА/RETRACTED 22.07.2019

К основным критериям финансовой безопасности корпорации относят систему характеристик: рыночная капитализация бизнеса (стоимость), средневзвешенная стоимость акционерного капитала, опережающие темпы роста чистой прибыли, средневзвешенной стоимости акционерного капитала и повышение стоимости бизнеса, сопоставление и детализация рыночной и внутренней капитализации бизнеса, сопоставление рыночной капитализации с фондовыми индикаторами и индексами [Строгонова, 2015].

Разработка механизма финансовой безопасности предусматривает формирование оптимальной структуры финансовых потоков и ресурсов корпорации с возможностью оперативно реагировать на внешние внутренние изменения финансовых рынков.

В основе критериев финансовой безопасности должны лечь показатели, коэффициенты, определяющие оптимальность и эффективность финансовых потоков, способность своевременно выполнять свои обязательства (платежеспособность), рентабельность деятельности в целом и доходность капитала в частности, управление финансовыми потоками. Одним из важнейших факторов финансовой безопасности является обеспеченность корпорации финансовыми ресурсами, возможность использования этих ресурсов не только для текущей деятельности, но и для развития корпорации в будущем. Корпорация должна синхронизировать финансовые поступления и выполнение финансовых обязательств. Все это, в конечном счете, позволит определить резервы повышения финансовой безопасности, разработать адекватную финансовую стратегию и оптимизировать использование денежных потоков.

Следует отметить негативные внешние факторы, снижающие уровень финансовой безопасности: передача долговых обязательств корпорации третьим лицам, появление новых нежелательных соучредителей, массовая продажа акций, наличие необоснованно высокого значения заемных средств (это сильно повышает зависимость от внешних кредиторов), высокое значение обязательств наоборот перед предприятием, отсутствие или слабое развитие инфраструктуры рынков капиталов, общее недоверие потенциальных инвесторов, отсутствие правой защиты для инвесторов, неопределенность финансовых рынков, экономическая нестабильность, внешние санкции и прочее. Корпорация сама может негативно предопределять (снижать) финансовую безопасность: ошибки и просчеты финансового менеджмента, нарушение структуры активов и пассивов баланса корпорации, необоснованное завышение кредиторской и дебиторской задолженности, низкодоходные или высокорисковые инвестиционные проекты, несогласованность амортизационной и налоговой политики и т.д.

Финансовая безопасность оценивается группами показателей, определяющих не только уровень финансового состояния, но и систему показателей эффективности деятельности корпорации в целом, а также учетом факторов, влияющих на значение основных экономических показателей. В качестве индикаторов финансовой безопасности выступают диапазоны значений показателей или среднестатистическая рыночная оценка. К основным из них относят величина оборота корпорации, совокупные затраты, валовая и чистая прибыль, рентабельность капитала, затратоотдача, коэффициенты автономии, покрытия, обеспеченность процентов, эффективность активов, показатели развития корпорации, стоимость капитала, финансовый леверидж, структура заемных и привлеченных средств, соотношение дебиторской и кредиторской задолженности и пр.

Рассматривая финансовую безопасность, необходимо рассмотреть временной аспект, поскольку категория финансовой безопасности в основном относится к долгосрочной перспективе. Обеспечение финансовой безопасности в долгосрочной перспективе позволит:

- скорректировать финансовое состояние корпорации (повысить класс);
- предупредить угрозу несостоятельности (банкротства);
- повысить финансовую стабильность;
- оптимизировать структуру акционерного, привлеченного и заемного капитала;
- понизить финансовый риск фирмы;
- повысить инвестиционную привлекательность, а, следовательно, увеличить рыночную стоимость бизнеса;
- оптимизировать процентные ставки по привлечению и размещению финансовых ресурсов корпорации;
- обеспечить доходность действующих инвестиционных проектов фирмы;
- достигнуть оптимальной маневренности финансовых потоков;
- оптимизировать налоговые выплаты корпорации, чтобы, не нарушая закона, корпорация несла меньшую налоговую нагрузку;
- повысить рыночную капитализацию корпорации и т.д.

Основой принятия решения в области управления финансами служит повышение рыночной капитализации. Реальным обеспечением финансовой безопасности должна стать внутренняя, то есть реальная стоимость капитала в противовес ожидания повышения акций на фондовом рынке. В современных условиях хозяйствования необходимо уделять внимание не только основным технико-

ОТОЗВАНА/RETRACTED 22.01.2019

экономическим и традиционным финансовым показателям, но и количественным и количественным критериям инвестиционной привлекательности и доведению в полном объеме этой информации до потенциальных инвесторов. Следует рассмотреть в корпорациях вопрос пересмотра системы организации финансовых структур. Выделить специальные аналитические отделы, центры ответственности, которые будут действовать по следующим направлениям:

- отслеживать динамику курсовых индексов акций, причем не только своей фирмы, но и корпораций-конкурентов, оценивать зависимость этих курсов и проводить комплексный факторный анализ;
- постоянно взаимодействовать на взаимно выгодных условиях с основными (крупными) акционерами и инвесторами, доводить до них информацию о реальном положении деятельности корпорации, ее инвестиционных проектах;
- организация системы информационного менеджмента в компании с целью корректировки курсов ценных бумаг, эмитированных корпорацией;
- оценивать и анализировать средневзвешенную стоимость капитала и его доходность, определять уровень и причины отклонения от балансовой и реальной стоимости;
- проводить оценку конкурентоспособности корпорации, анализировать деятельность конкурентов, основных кредиторов, инвесторов и дебиторов в целях недопущения несостоятельности (банкротства);
- предотвращение нанесения корпорации высокого материального ущерба, это возможно достичь с помощью оптимизации страхового портфеля корпорации;
- контролировать переток финансовых потоков, изменение структуры капитала;
- совершенствовать систему финансового менеджмента в своей основе;
- разработка модели оптимальной структуры капитала и т.д. [Строгонова, 2015].

Вопрос формирования оптимальной структуры капитала корпорации также является дискуссионным и подлежит дальнейшей проработке и адаптации к российской действительности. Такие модели в своих трудах предлагали Миллер-Модильяни, Гордон и пр., однако недостатком этих моделей является их универсальность и невозможность применения для конкретного предприятия. Наиболее применимым и широко используемым, тем не менее, является подход, в котором для оценки структуры капитала берут финансовые коэффициенты структуры капитала (отношение акционерного капитала к валюте баланса – 0.33; соотношение заемного и собственного капитала – 1.0). Однако эти коэффициенты не позволяют идентифицировать специфику предприятия, его отраслевую принадлежность, территориальные особенности, место корпорации в конъюнктуре рынков, в первую очередь товарных и финансовых. Следовательно, необходимо формировать оптимальную структуру капитала каждой конкретной корпорации с учетом ее специфики. Широкое распространение в России в последние годы находит опционный метод. Суть данного метода заключается в том, что заключается неформальный договор, по которому инвестор получает право на куплю-продажу собственности корпорации на заранее оговоренной цене в определенный период времени. Достоинством это метода также является то, что его можно использовать для расчета акций корпорации и у нее есть заемный капитал.

Определение акционерного капитала является важной задачей для компании и это связано не только с состоянием российской экономики, развитием рынка ценах бумаг на территории РФ, но и с формированием системного корпоративного управления финансами и выходом на мировые финансовые рынки.

Стоимость капитала – основа финансовой безопасности, инвестиционной привлекательности корпорации, показатель ее эффективности и состоятельности в системе.

Оценка стоимости капитала в ее классическом понимании уже отошла на второй план, поскольку приоритетным направлением в современных условиях принято считать управление стоимостью капитала и его доходностью. Это определяется следующими факторами:

- повышение интереса на российские фондовые активы со стороны отечественных и зарубежных инвесторов;
- выбор стратегии и политики инвестирования со стороны частных и институциональных инвесторов.

Однако необходимо отметить ситуацию, что повышение рыночной капитализации корпорации для ряда отечественных корпораций еще не стала приоритетным направлением в деятельности. Это объясняется неразвитостью рынка ценных бумаг, что, в свою очередь, не позволяет реализовывать функцию контроля за эффективностью деятельности менеджеров. Менеджеры корпорации не заинтересованы в удовлетворении интересов учредителей, в повышении стоимости бизнеса, растут агентские издержки, не рационально перераспределяются активы.

ОТОЗВАНА ДЕТКА СТЕП 22.07.2019

Список литературы
References

1. Ермоленко О.М. 2015. Инновации в коммерческих банках как процесс развития конкурентоспособности банковского сектора. Экономика и предпринимательство, 4-2 (57-2): 753-756.

Ermolenko O.M. 2015. Innovatsii v kommercheskikh bankakh kak protsess razvitiya konkurentosposobnosti bankovskogo sektora. Ekonomika i predprinimatel'stvo, 4-2 (57-2): 753-756.

2. Кушу С.О. 2014. Взаимодействия вертикально-интегрированных корпораций с региональной системой Краснодарского края. Экономика и предпринимательство, 11-3 (52-3): 231-234.

Kushu S.O. 2014. Vzaimodeystviya vertikal'no-integrirovannykh korporatsiy s regional'noy sistemoy Krasnodarskogo kraya. Ekonomika i predprinimatel'stvo, 11-3 (52-3): 231-234.

3. Строгонова Е.И. 2015. Перспективные инструменты обеспечения устойчивого развития региональных экономических систем современной России. Экономика и предпринимательство, 4-2 (57-2): 113-115.

Strogonova E.I. 2015. Perspektivnye instrumenty obespecheniya ustoychivogo razvitiya regional'nykh ekonomicheskikh sistem sovremennoy Rossii. Ekonomika i predprinimatel'stvo, 4-2 (57-2): 113-115.

ОТОЗВАНА/RETRACTED
22.07.2019

УДК 338.45

ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В РОССИИ
FINANCIAL ASSURANCE OF DEVELOPMENT SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

М.В. Владыка, А.И. Веретенников
M.V. Vladyka, A.I. Veretennikov

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород ул. Победы, д.85.
Belgorod State National Research University, 85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: vladyka@bsu.edu.ru, artvereten@gmail. com

Аннотация. Развитие малого и среднего бизнеса в России является необходимым условием обеспечения импортозамещения товаров и услуг. При этом функционирование малых и средних предприятий значительно осложняется из-за недостатка собственных финансовых ресурсов и трудностей привлечения заемных средств. В связи с этим необходимо определение приоритетных направлений поддержки этого бизнеса. Целью исследования является анализ имеющихся проблем в финансовом обеспечении деятельности предприятий малого и среднего бизнеса и определение основных направлений их государственной поддержки в зависимости от сложившегося уровня платежеспособности и финансовой устойчивости. На основе методов экономического анализа выявлена роль малого бизнеса в экономике зарубежных стран и России, показаны трудности в его развитии. Проанализирована платежеспособность и финансовая устойчивость российских малых и средних предприятий. На основе сопоставления уровня рентабельности организаций малого и среднего бизнеса и стоимости кредитных ресурсов сделан вывод о необходимости усиления государственной поддержки малого бизнеса как на федеральном, так и региональном уровне.

Resume. Development of small and medium business in Russia is a prerequisite for the import of goods and services substitution. Nevertheless the operation of the small and medium-sized enterprises is significantly complicated by the lack of their own financial resources and difficulty of borrowing. In this connection it is necessary to define the priority areas of support of this business.

The article under study gives the analyses of the existing problems in the financial assurance of small and medium-sized enterprises. The author specifies the main course of state support according to the existing level of financial responsibility.

In terms of methods of economic analysis the article reveals the place of small business in economy of foreign countries and Russia, shows the challenges in its development. It is also analyzed the financial responsibility of Russian small and medium-sized enterprises. The comparison of profitability level of small and medium-sized enterprises and the cost of credit show the need to strengthen the state support for small business at both federal and regional levels.

Ключевые слова: малое предпринимательство, микропредприятия, средний и крупный бизнес, государственная поддержка, платежеспособность, финансовая устойчивость.

Key words: small business, micro enterprises, medium and large business, state support, solvency, financial stability.

Введение

Для эффективного функционирования экономики любой страны необходимо развитие крупного, среднего и малого бизнеса. Оптимальная структура этих видов бизнеса характеризуется наибольшей отдачей от вложения соответствующих ресурсов и представляет собой процесс перманентного балансирования предприятий различного размера в направлении повышения или снижения уровня концентрации производства. При этом каждый из отмеченных видов бизнеса играет свою, четко определенную роль в поступательном развитии экономики.

Преимущества крупного бизнеса можно представить в виде [Владыка М.В., Логвиненко Е.А., 2011]:

— больших технических и технологических возможностей, обусловленных значительно лучшими условиями для использования достижений НТП;

— экономии от масштаба производства, комбинирования и занятости;

— сравнительно высокой устойчивости и стабильности;

— больших возможностей в использовании кредитных ресурсов;

— преимуществ в сфере обращения, вызванных получением скидок при закупке ресурсов крупными партиями;

— снижения издержек по транспортировке, хранению и реализации больших партий товаров в расчете на единицу продукции.

Средние предприятия занимают промежуточное положение между малыми и крупными. Их значительно меньше, чем мелких, но больше, чем крупных. Они специализируются на обслуживании тех сегментов рынка, которые не выгодны или в силу определенных причин не заняты крупными или мелкими предприятиями. Их ассортимент не очень многообразен, но устойчив, в связи с тем, что спе-

циализированные рынки в меньшей степени зависят от конъюнктурных колебаний экономики. Средние фирмы [Федеральный портал малого и среднего предпринимательства, 2015]:

— не обладают такой гибкостью, как малые, и не имеют такой мощности, как крупные;

— придерживаются, как правило, приспособительной или «нишевой» стратегии, что обеспечивает им захват отдельных сегментов рынка, где они становятся мини-монополией;

— обладают особыми технологическими приемами, обеспечивающими высокое качество или уникальные характеристики выпускаемых ими товаров;

— создают конкурентную среду для крупных предприятий;

— наибольшее количество именно средних предприятий попадает под процесс поглощений.

Развитие малого бизнеса имеет важное значение в силу следующих обстоятельств [Осетрова О.В., 2014]:

— мелкий бизнес позволяет заполнить все рынки и наиболее полно удовлетворить потребности населения в потребительских товарах и услугах;

— для создания мелких фирм не требуются крупные инвестиции и длительный срок их сооружения;

— развитие мелкого бизнеса — это одно из действенных направлений антимонопольной политики и обеспечения конкурентной среды;

— мелкие предприятия проще в управлении, им не нужно создавать сложные управленческие структуры;

— мелкие фирмы могут быстрее и дешевле технически перевооружиться, внедрять и апробировать новую технологию, проводить частичную автоматизацию производства, достигать оптимального сочетания механизированного и ручного труда;

— развитие мелкого бизнеса позволяет в значительной степени решить или смягчить проблему безработицы;

— с развитием мелкого бизнеса появляется средний класс и класс мелких собственников, заинтересованный в стабилизации экономики.

Результаты исследований

В различных странах уровень концентрации производства, а, соответственно, и соотношение между отдельными видами бизнеса характеризуется большим разнообразием. Тем не менее, в большинстве развитых стран малый и средний бизнес занимает значительную долю как по числу хозяйствующих единиц, так и по вкладу в развитие экономики страны.

Например, в США на малые фирмы приходится 54 % всех занятых, 45 % всех активов, 35 % чистого дохода; в странах ЕС на малых предприятиях трудится свыше 70 % работающего населения; в Японии на хозяйственные единицы с числом занятых до 300 чел. (это 99,5 % всех предприятий) приходится 78 % занятых, 51,8 % продаж, 56,6 % условно чистой продукции в обрабатывающих отраслях промышленности. Доля малых предприятий в ВВП США составляет 52 %, в странах ЕС - 67 %, Японии - 55 % [Улесов Д. В., 2013].

Вклад этого сектора в экономику России значительно ниже: доля малых и средних предприятий в валовом внутреннем продукте России составляет порядка 15 %, а в общей численности занятых - чуть более 10 %.

В России развитие малого бизнеса характерно в основном для отраслей, ориентированных на удовлетворение потребительских потребностей населения. По количеству малых предприятий в 2013 г. лидирующее положение занимала торговля (39,1%), второе и третье места принадлежали таким видам деятельности, как операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг (20,3%) и строительство (11,7%). На долю такого важного вида деятельности, как обрабатывающие производства, который определяет уровень инновационного развития всей экономики, приходилось лишь 9,5%. Далее следовали такие виды деятельности, как транспорт и связь (6,6%), а также сельское хозяйство (3,0%) и гостиничная и ресторанная деятельность (2,9%) [Малое и среднее предпринимательство в России, 2014]. Это свидетельствует о больших возможностях нашей экономики в случае обеспечения целенаправленного развития малого и среднего бизнеса.

Данные, приведенные в табл. 1, характеризуют уровень концентрации производства в таком важном виде экономической деятельности, как обрабатывающие производства, в экономике разных стран [Малое и среднее предпринимательство в России, 2014].

Как видно, в обрабатывающих производствах практически всех зарубежных экономик преобладают предприятия с числом работников, не превышающим 50 человек. Доля таких предприятий превышает 90%. Что касается России, то на долю малых предприятий в этом виде деятельности приходится 29,7% (15,2% и 14,5%). Этот показатель значительно увеличивается при включении в состав малого бизнеса индивидуальных предпринимателей, но их возможности в обеспечении инновационного развития экономики совершенно незначительны.

В то же время в России значительно выше доля предприятий обрабатывающих производств с численностью работников свыше 50 человек. В 2011 г. этот показатель составил 12,2%, в то время как в зарубежных странах он практически в 3-4 раза ниже.

Таблица 1
Table 1

Число предприятий обрабатывающих производств с различной численностью занятых, 2011 г.
The number of manufacturing enterprises with various number of employed, 2011

Страна	Всего предприятий	в том числе с численностью занятых							
		менее 20 человек	в %	20-49 человек	в %	50-249 человек	в %	250 и более человек	в %
Россия	187872	28639 (137631)*	15,2 (73,3)*	27321	14,5	17503	9,3	5417	2,9
Австрия	25 139	21078	83,8	2 150	8,6	1 461	5,8	450	1,8
Болгария	30 135	25354	84,1	2 704	9,0	1 773	5,9	304	1,0
Венгрия	51 521	47360	91,9	2 134	4,1	1 651	3,2	376	0,8
Германия	207 847	171894	82,7	15 414	7,4	16 430	7,9	4 109	2,0
Испания	182 162	166097	91,2	10 761	5,9	4 490	2,5	814	0,4
Италия	425 481	394514	92,7	20 840	5,0	8 858	2,1	1 269	0,2
Литва	13 729	12021	87,6	900	6,6	701	5,1	107	0,7
Норвегия	17 432	15632	89,7	1 056	6,1	629	3,6	115	0,6
Польша	179 138	163946	91,5	7 389	4,1	6 288	3,5	1 515	0,9
Португалия	72 286	65748	91,0	4 159	5,8	2 125	2,9	254	0,3
Соединенное Королевство (Великобритания)	122 650	106025	86,4	9 070	7,4	6 199	5,1	1 356	1,1
Финляндия	22 231	19898	89,5	1 286	5,8	834	3,8	213	0,9
Чешская Республика	173 519	165767	95,5	3 950	2,3	3 023	1,7	779	0,5
Швеция	54 891	51037	93,0	2 129	3,9	1 385	2,5	340	0,6

*с учетом индивидуальных предпринимателей.
Рассчитано по материалам Статсборника «Малое и среднее предпринимательство в России». 2014 г.

Трудности в развитии малого бизнеса в России определяются целым рядом обстоятельств: недостаточным спросом на продукцию предприятий на внутреннем и внешнем рынках; высоким уровнем налогообложения; изношенностью и отсутствием оборудования; неопределенностью экономической ситуации; высоким процентом коммерческого кредита; недостатком финансовых средств; недостатком квалифицированных рабочих; отсутствием или несовершенством нормативно-правовой базы.

Среди отмеченных факторов одним из наиболее важных является отсутствие достаточных финансовых ресурсов. Поскольку малые предприятия не обладают необходимыми собственными средствами, у них велика потребность в заемном финансировании.

Вместе с тем доступ к заемному финансированию, являющимся одним из основных факторов развития бизнеса, остается значительно ограниченным. В текущих экономических условиях кредитные организации ужесточают требования к заемщикам и существенно повышают ставки по кредитам (до 25-30% годовых), которые становятся недоступными для многих предприятий реального сектора, а тем более для малых предприятий. В табл. 2 представлены показатели, характеризующие платежеспособность и финансовую устойчивость российских средних и малых предприятий в 2013 г. [Малое и среднее предпринимательство в России, 2014].

Коэффициент текущей ликвидности характеризует соотношение текущих активов и краткосрочных обязательств предприятия. Для обеспечения платежеспособности предприятия его текущих активов должно быть достаточно для погашения обязательств и одновременного осуществления текущей деятельности. Поэтому рекомендуемое значение этого коэффициента не ниже двух. Среди анализируемых средних предприятий на конец 2013 г. ни один вид экономической деятельности не обеспечивает должного уровня платежеспособности. При этом все предприятия условно можно разделить на следующие три группы:

— предприятия с коэффициентом ниже 100%, не имеющие возможности рассчитаться по своим обязательствам;

— предприятия с коэффициентом 100% и близким к нему, у которых достаточно финансовых ресурсов только для погашения обязательств, но нет возможности финансировать текущую деятельность;

— предприятия с коэффициентом более 100%, позволяющим выполнить долговые обязательства и примерно на четверть или несколько выше профинансировать текущую деятельность.

К первой группе в составе средних предприятий можно отнести предприятия в добыче полезных ископаемых, производстве и распределении электроэнергии, газа и воды, а также на транспорте. Поскольку у этих предприятий основной задачей является погашение обязательств, то среди мер государственной поддержки для них, в первую очередь, можно рекомендовать субсидирование процентной ставки по кредитным ресурсам, а также гарантии со стороны органов местной власти.

Таблица 2
Table 2

Платежеспособность и финансовая устойчивость предприятий по видам экономической деятельности, 2013 г. (по данным бухгалтерской отчетности; на конец года; в процентах)
Financial responsibility of enterprises by type of activity, 2013 (according to financial accounts by the end of the year, in percentage)

Виды экономической деятельности	Средние предприятия		Малые предприятия			
			всего		в том числе микропредприятия	
	коэффициент текущей ликвидности	коэффициент автономии	коэффициент текущей ликвидности	коэффициент автономии	коэффициент текущей ликвидности	коэффициент автономии
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	159,8	39,2	116,7	30,4	110,4	24,3
Добыча полезных ископаемых	94,4	26,5	98,4	6,5	98,9	3,2
Обрабатывающие производства	124,1	25,4	119,1	32,5	113,9	40,5
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	90,7	21,0	99,4	20,1	113,2	28,2
Строительство	100,7	15,9	100,6	10,1	98,8	8,4
Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования	123,3	16,4	119,8	16,0	115,4	12,8
Гостиницы и рестораны	126,8	40,5	110,6	13,2	105,6	7,8
Транспорт и связь	98,3	24,0	109,6	21,6	108,7	18,0
из них связь	132,2	25,8	116,9	25,8	127,0	21,9
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	123,5	28,9	213,8	17,3	250,2	13,8
из них научные исследования и разработки	134,4	29,6	106,3	28,8	121,6	29,8
Образование	109,2	21,5	157,0	23,8	144,4	31,6
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	103,3	36,1	192,8	44,5	224,2	45,5
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	134,8	32,4	85,5	16,3	99,0	15,3

Ко второй группе средних предприятий относятся строительные, образовательные организации, а также организации в сфере здравоохранения и предоставления социальных услуг. Главной задачей этих организаций является формирование собственной финансовой базы, поэтому улучшить их финансовое состояние возможно путем расширения их доступа к госзаказам, расширения их сотрудничества с крупными предприятиями, стимулирования притока инвестиций, субсидирования приобретения оборудования, предоставления грантов начинающим предпринимателям, содействия в поиске потенциальных деловых, технологических, научных партнеров.

Предприятия третьей, самой многочисленной группы, включают сельскохозяйственные, обрабатывающие производства, оптовую и розничную торговлю, гостиницы и рестораны, предприятия связи, организации в сфере операций с недвижимым имуществом, арендой и предоставлением услуг, предоставления прочих коммунальных, социальных и персональных услуг. Эти организации способны расплатиться по своим обязательствам и в определенной мере финансировать текущую деятельность, но у них имеются проблемы со сбытом продукции на внутреннем рынке, в отдельных случаях они испытывают недостаток квалифицированных рабочих кадров, для них характерна изношенность и отсутствие высокотехнологичного оборудования.

Для обеспечения финансовой устойчивости таких предприятий, на наш взгляд, необходимо предоставление в аренду земельных участков, помещений; обеспечение предприятий инженерной, транспортной, логистической инфраструктурой; финансовое, маркетинговое, юридиче-

ское сопровождение деятельности; организация сертификации товаров, работ и услуг; услуги по подбору персонала.

Аналогичным образом можно осуществить и группировку малых и микропредприятий, тем более что в составе этих предприятий условию платежеспособности соответствуют лишь два вида деятельности: «операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг» и «здравоохранение и предоставление социальных услуг». Что касается мер государственной поддержки малых и микропредприятий, то они могут быть аналогичными со средними предприятиями.

В табл. 2 представлен также коэффициент автономии, характеризующий уровень финансовой устойчивости организаций. Он показывает долю собственных средств предприятия в общих источниках финансирования. В соответствии с национальными предпочтениями в российской экономике предприятие считается устойчивым в финансовом отношении, если в его обороте преобладают собственные средства, и оптимальное значение коэффициента автономии составляет 60%. Этому условию, как показывают данные табл. 2, не соответствует ни один вид экономической деятельности. Минимальное значение этого коэффициента по кругу малых предприятий составило в 2013 г. всего лишь 6,5% (добыча полезных ископаемых), а максимальное – 44,5% (здравоохранение и предоставление социальных услуг). Такая же ситуация характерна и для средних предприятий. Таким образом, малые предприятия, равно как и средние и микропредприятия, при осуществлении своей деятельности ориентируются в большей степени на привлечение финансовых ресурсов со стороны. Условия же их привлечения в настоящее время оставляют желать лучшего, как в отношении стоимости привлечения, так и сроков предоставления ресурсов.

На уровень финансовой устойчивости предприятий оказывает влияние не только стоимость заемных средств, но и эффективность их использования в обороте предприятия, которая определяется на основе расчета эффекта финансового рычага. Он характеризует приращение рентабельности собственных средств предприятия в результате использования заемных средств, несмотря на платность последних. Эффект финансового рычага рассчитывается следующим образом [Сергеев И.В., Веретенникова И.И., 2012]:

$$\text{ЭФР} = (1 - \text{Сн})(\text{ЭР} - \text{СРСП})\frac{\text{ЗС}}{\text{СС}} \quad (1)$$

где Сн – ставка налога на прибыль, доли единицы;

ЭР – экономическая рентабельность (рентабельность активов), %;

СРСП – средняя расчетная ставка процента, %;

ЗС – заемные средства предприятия, тыс. руб.;

СС – собственные средства предприятия, тыс. руб.

Из этой формулы видно, что использование заемных средств в обороте предприятия эффективно только в том случае, если уровень экономической рентабельности (рентабельности активов) окажется выше средней расчетной ставки процента. В табл. 3 представлены данные об уровне рентабельности активов средних и малых предприятий России по видам экономической деятельности [Малое и среднее предпринимательство в России, 2014].

Из данных табл. 3 следует, что уровень рентабельности активов средних и малых предприятий достаточно низок.

В целом по средним предприятиям он составил в 2013 г. лишь 3,7%, а по малым и микропредприятиям отдача от использования активов еще ниже: 1,1% и 0,7% соответственно. Если стоимость кредитных ресурсов в настоящее время находится на уровне 23-25%, то можно сделать вывод, что использование их в обороте предприятия приведет не к приращению рентабельности собственных средств, а к ее снижению. И это характерно практически для всех предприятий (средних и малых), и для всех видов экономической деятельности. Таким образом, в сложившихся экономических условиях кредитные ресурсы являются недоступными для большинства предпринимателей – представителей малого и среднего бизнеса.

Так, для оценки достаточности у малых и средних предприятий финансовых ресурсов для своей деятельности следует предложить адаптационную методику оценки финансовой устойчивости организации [Быкадоров В.Л., Алексеев П.Д., 2010], характеризующую способность экономического субъекта обеспечивать процесс финансовыми ресурсами. На основе анализа показателей, характеризующих финансовую устойчивость, определяются ее основные типы (табл. 4).

Анализируются показатели собственных оборотных средств, собственных оборотных средств и долгосрочных кредитов, либо собственных оборотных средств, долгосрочных и краткосрочных кредитов. Для этого можно использовать трехмерный (трехкомпонентный) показатель:

$$S = \{Sl(xl), S2(x2). S3(x3)j. <\text{где } xl = \pm Мс, x2 = \pm Мд. x3 = \pm Мк., \quad (2)$$

где Мс, Мд, Мк - соответственно, источники формирования финансовых средств за счет наличия собственных оборотных средств и долгосрочных заемных средств; собственных оборотных средств, долгосрочных и краткосрочных кредитов и займов.

Значения функции *S(x)*: S(x)=I, если x>0; S(x)=0, если x<0.

С учетом определяемых значений функции S(x) можно выделить четыре основных типа или уровня - высокий, средний, низкий, нулевой, позволяющих ответить на вопрос: насколько эффективно МСП использует ресурсы для своего развития [Осетрова О.В., 2014]. Если уровень является высоким или средним для финансового обеспечения реализации стратегий развития, имеет смысл проведение второго этапа анализа и оценки финансовой устойчивости.

Таблица 3
Table 3

Рентабельность активов предприятий по видам экономической деятельности, 2013 г. (по данным бухгалтерской отчетности; в процентах)
The return on assets of enterprises by economic activity, 2013 (according to financial accounts; in percentage)

Виды экономической деятельности	Средние предприятия	Малые предприятия	
		всего	в том числе микро-предприятия
Всего	**3,7**	**1,1**	**0,7**
из них:			
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	2,0	1,5	0,7
рыболовство, рыбоводство	14,5	5,9	7,6
добыча полезных ископаемых	4,3	0,3	-0,1
обрабатывающие производства	4,7	4,8	4,0
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	2,2	2,2	2,8
строительство	2,0	3,4	3,2
оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования	3,9	4,8	4,7
из них:			
гостиницы и рестораны	7,5	4,3	2,2
транспорт и связь	3,4	5,9	6,1
из них связь	5,1	7,6	7,2
операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	4,3	3,7	3,0
из них научные исследования и разработки	7,4	7,3	8,0
образование	13,9	14,2	23,3
здравоохранение и предоставление социальных услуг	9,0	12,9	8,7
предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	-1,2	6,9	7,7

* Малое и среднее предпринимательство в России. - 2014. - С. 12.

Таблица 4
Table 4

Уровни финансового обеспечения МСП
Levels of financial support of MSP

Источники ресурсов МСП	Трехмерный показатель	Краткая характеристика уровня МСП
1	2	3
Собственные срсдства	S(x) = (l, 1, 1)	Высокий уровень (абсолютный). Высокая обеспеченность собственными финансовыми ресурсами, развитие осуществляется без внешних заимствований.
Собственные средства плюс долгосрочные кредиты	S(x) = (0, 1,1)	Выше среднего уровень (нормальный). Нормальная финансовая обеспеченность необходимыми ресурсами, для внедрения и реализации новых технологий следует использовать некоторый объем заемных средств
Собственнс средства плюс долгосрочные и краткосрочные кредиты и займы	S(x) = (0, 0, 1)	Средний уровень (неустойчивый). Удовлетворительная финансовая поддержка текущих затрат, для реализации стратегий развития требуется привлечение значительных финансовых средств из внешних источников
Краткосрочные займы	S(x) = (0,0,0)	Низкий уровень (кризисный). Дефицит или отсутствие источников формирования финансовых затрат

Вывод

Анализ финансовых условий развития малого и среднего предпринимательства в Белгородской области показал, что в современной системе органы власти и управления области предпринимают меры для их финансовой поддержки. Органами государственной власти и управления реализуются мероприятия, направленные на решение ряда проблем, связанных с функционированием малых и средних предприятий в регионе. Однако реализуемые меры недостаточно эффективны и требуют реформирования. Проблемы, с которыми сталкиваются МСП в процессе функционирования взаимосвязаны, следовательно, необходимо разработать мероприятия по основным направлениям: расширение доступа малого и среднего бизнеса к финансовым ресурсам; содействие в повышении квалификации и переподготовке персонала малых предприятий; участие субъектов МСП в контрактной системе.

Необходима также популяризация деятельности малых и средних предприятий. С помощью различных интернет-сервисов и социальных медиа ресурсов руководители малых и средних предприятий могут вовлечь в процесс развития компании разные заинтересованные стороны. Создание разветвленной социальной сети вокруг МСП поможет компаниям лучше предвидеть потребности будущих клиентов, быстрее создать новый продукт или сервис, успешно вывести его на рынок. Необходимо обеспечить механизмы, при которых поддержка малого предпринимательства становится инструментом региональной политики, выравнивающим существующие различия в условиях функционирования малого бизнеса, имеющиеся у муниципальных образований вследствие географического положения, отраслевых особенностей и др. Улучшение условий функционирования для предприятий среднего и малого бизнеса неразрывно связано со стабилизацией экономической ситуации в стране в целом. Бизнес по-прежнему ожидает от власти четкой стратегии развития экономики и гарантий неизменности правил игры.

Список литературы
References

1. Владыка М.В., Е.А. Логвиненко. 2011. Региональные механизмы инновационного предпринимательства. Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. Выпуск 20/1. №19 (114): 40-46.

Vladyka M.V., E.A. Logvinenko. 2011. Regional arrangements for innovative entrepreneurship. Scientific statements BSU. Series: History. Politics. The Economy. Computer science. Issue 20/1. №19 (114): 40-46.

2. Малое и среднее предпринимательство в России. 2014. Статистический ежегодник.

Small and medium business in Russia. 2014 Statistical Yearbook.

3. О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации: Федер. закон от 24 июля 2007 г. № 209-ФЗ. СПС «КонсультантПлюс».

About the development of small and medium enterprises in the Russian Federation: Feder. the law of 24 July 2007 № 209-FZ // PCA «Consultant».

4. Осетрова О.В. 2014. Особенности деятельности малых предприятий в переходной экономике РФ. Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. № 1-1: 192-199.

Osetrova O.V. 2014. Features of small enterprises in the transition economies of the Russian Federation. News of the Tula State University. Economic and legal science. № 1-1: 192-199.

5. Сергеев И.В., И.И. Веретенникова. 2012. Экономика организации (предприятия): учебное пособие для бакалавров. М.: Издательство Юрайт, 671.

Sergeev I.V., Veretennikova I.I. 2012. The economy of the organization (enterprise): a textbook for undergraduate. M.: Publishing Yurayt, 671.

6. Улесов Д.В., Мансурова Г.А. 2013. Перспективы развития и функции малого бизнеса в Республике Татарстан. Экономические науки. №12 (109): 73.

Ulesov D.V., Mansurova G.A. 2013. Prospects for the development and function of small business in the Republic of Tatarstan. Economics. №12 (109): 73.

7. Федеральный портал малого и среднего предпринимательства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://smb.gov.ru.

Federal portal for small and medium businesses [Elektronnyy resurs]. - URL: http://smb.gov.ru.

8. Финансово-экономическое состояние предприятия. 2010. Практическое пособие. В.Л. Быкадоров, П.Д. Алексеев. М. Издательство ПРИОР, 96.

The financial and economic condition of the enterprise. 2010. A Practical Guide. V.L. Bykadorov, P.D. Alekseev. M. Publisher PRIOR, 96.

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

УДК 338.001.76

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМ ИННОВАЦИОННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ ВУЗА

MANAGEMENT PECULIARITIES OF SMALL INNOVATIVE ENTERPRISES AT HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

О.А. Ломовцева, С.Н. Прядко, М.Н. Дахова
O.A. Lomovceva, S.N. Pryadko, M.N. Dakhova

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: Lomovceva@bsu.edu.ru, pryadko_s@bsu.edu.ru, dakhova@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности и основные проблемы управления малыми инновационными предприятиями вузов. На основе результатов экспертного опроса руководителей малых инновационных предприятий Белгородского национального исследовательского университета были выделены проблемы, с которыми сталкиваются ученые-инноваторы: финансовые, материально-технические и организационные. Для принятия бизнес-решений им недостаточно достоверной информации о рынке и тенденциях его развития, они не имеют также навыков маркетинговой аналитики, специализированных кадров. Зачастую вузовские предприниматели не видят самого рынка, не могут найти целевые сегменты, на которых возможно первоначальное продвижение новых продуктов. В качестве возможного варианта решения проблемы представлена бизнес-модель подразделения вуза, специалисты которого помогут «упаковать» инновационный проект и сделать его привлекательным для рынка.

Resume. In this article are considered particularities of higher educational institutions small innovative enterprises management. The results of expert poll of Belgorod National State Research University small innovative enterprises heads showed, that scientist innovators are faced with main difficulties in financial field, material and technical foundation, and organizational area. To make reasoned business decisions they have a lack of valid market information and market trends, analytical marketing skills, specialized personal. Often the university entrepreneurs do not see the market itself, and cannot find the target segments to make the initial promotion of new products. The possible way of these difficulties elimination is university department business model. This department will provide a support in innovative projects “packaging” to make them more attractive not only for university reporting, but for market.

Ключевые слова: малое инновационное предприятие, коммерциализация, управление.
Key words: small innovative enterprise, commercialization, management.

Введение

На протяжении длительного периода времени одним из важнейших приоритетов государственной политики Российской Федерации является перевод экономики страны и ее регионов на новый путь развития - инновационный, предполагающий переход от экспортно-сырьевой модели к экономике знаний и инноваций, обеспечивающей создание высокотехнологичный платформ и наукоемких продуктов, имеющих мировое признание и существенный экспортный потенциал. Одним из стратегических факторов, способствующих реализации инновационного потенциала страны, созданию новых рабочих мест, повышению занятости квалифицированных работников, в том числе – выпускников вузов, является развитие малого инновационного предпринимательства. Все большую роль в этом играют российские вузы, которые с августа 2009 года стали иметь возможность создавать хозяйственные общества в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности [1]. Так называемые малые инновационные предприятия (МИП) способны гибко настраивать научно-производственные компетенции мотивированного и зрелого персонала на специфичный спрос, выполняя заказы на рыночно ориентированные исследования и разработки, а также осуществляя продвижение разработок на рынок.

Использование вузовской площадки для создания и развития МИП имеет ряд преимуществ. Во-первых, это обеспечивает доступ к научным разработкам и базам данных университетов, т.к. одна

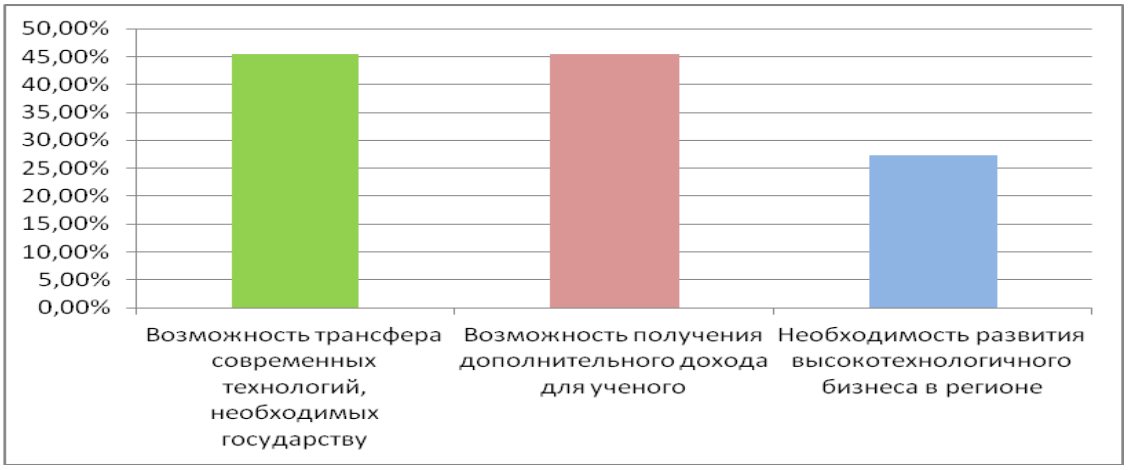
из первых проблем, с которой сталкиваются предприниматели – первоначальный пул инновационных идей и проектов. Для того чтобы говорить об успешности внедрения инноваций, необходимо иметь большое количество заявок, из числа которых можно посредством отбора и экспертизы выбирать жизнеспособные и пригодные к «упаковке», с точки зрения востребованности на рынке. Во-вторых, вуз дает возможность привлечения средств различных грантов как для создания инновационных идей и проектов, так и для их коммерциализации, поскольку подобные виды деятельности могут быть заложены в техническое задание на выполнение НИОКР. В-третьих, это обеспечивает доступ к использованию инфраструктуры инновационной деятельности университета, а эта инфраструктура уже довольно развита, может иметь в своем составе центры коллективного пользования, технопарки, исследовательские и аналитические лаборатории, центры повышения квалификации, патентные бюро, консалтинговые центры и многое другое. И, наконец, вуз обеспечивает возможность подготовки кадров для инновационной сферы и менеджерских команд проектов.

В то же время процесс создания МИПов при вузах является новым опытом и для российских вузов, и для самих инноваторов - российских ученых, которым необходимо не только создать научную разработку, но и организовать процесс ее коммерциализации и продвижения на рынок. Зачастую, как показывают немногочисленные исследования в данной области [2, 3, 4, 5], а также опыт работы МИПов конкретных вузов [6], разработчики – ученые вынуждены осваивать новые предпринимательские компетенции, связанные со стратегическим управлением, маркетинговым анализом, бизнес-проектированием и другие. Обладая, несомненно, кадрами высокой квалификации в сфере НИОКР, возглавляемые признанными лидерами, способными увлечь последователей своими идеями, они не выстраивают внешних бизнес-процессов. Компетенции работы в рыночном пространстве этих компаний зачастую ограничиваются поиском инновационной идеи и доведением ее до опытного образца [Lomovtseva O.A., 2013]. Тем не менее основные проблемы повышения эффективности деятельности МИПов и совершенствования управления невозможно решать без непосредственного участия создателей.

Результаты исследования

С целью выявления особенностей управления малыми инновационными предприятиями вузов в 2015 году был проведен экспертный опрос руководителей предприятий и специалистов, занятых коммерциализацией результатов интеллектуальной деятельности в Белгородском государственном национальном исследовательском университете, где в настоящее время функционирует 30 МИПов. В опросе приняли участие 23 эксперта.

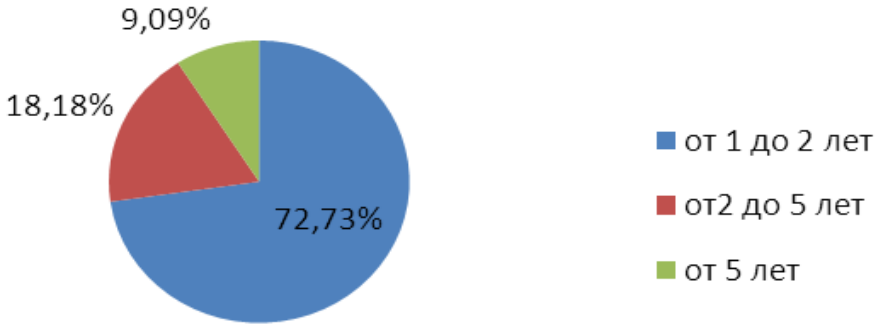
Результаты опроса в части оценки целей коммерциализации показали, что большинство экспертов (45,5%) оценивают коммерциализацию результатов интеллектуальных разработок ученых вуза в качестве возможности трансфера современных технологий с позиций целостной государственной политики. Такое же количество экспертов рассматривает коммерциализацию как возможность получения дополнительного дохода для ученого; 27,3% респондентов рассматривают результаты интеллектуальных разработок ученых вуза как условие развития высокотехнологичного бизнеса в регионе (рис. 1). Это говорит о высокой степени зрелости персонала, занятого в сфере НИОКР вуза, стремлении внести вклад в модернизацию экономики страны и региона.



Источник: составлено авторами

Рис. 1. Цели коммерциализации деятельности МИП
Fig. 1. Attitude to commercialization of small innovative enterprises activity

Оценивая сроки создания идей новых продуктов и технологий, эксперты показали: идеи, реализованные в МИП, разрабатывались, в основном, в течение 1-2 лет (72,7%); 18,1% респондентов ответили, что разрабатывали эти идеи в течение 2-5 лет; всего 9,1% разрабатывали реализованную идею более 5 лет. Ни одно из малых предприятий, эксперты из которых принимали участие в анкетировании, не было основано на идее, разрабатываемой менее одного года (рис.2).



Источник: составлено авторами

Рис. 2. Сроки разработки идеи, реализованной в МИП
Fig. 2. Development terms of the ideas realized in small innovative enterprises

Среди проблем, с которыми сталкивались МИПы при формировании и оформлении документов (в предлагаемой анкете была возможность выбора нескольких вариантов), 45,5% выделили финансовые и материально-технические проблемы; 18,2% выделили кадровые и организационные проблемы; 9,1% отметили, что столкнулись с управленческими проблемами; 9,1% не смогли ответить на вопрос (или не имели проблем с оформлением) (рис.3).

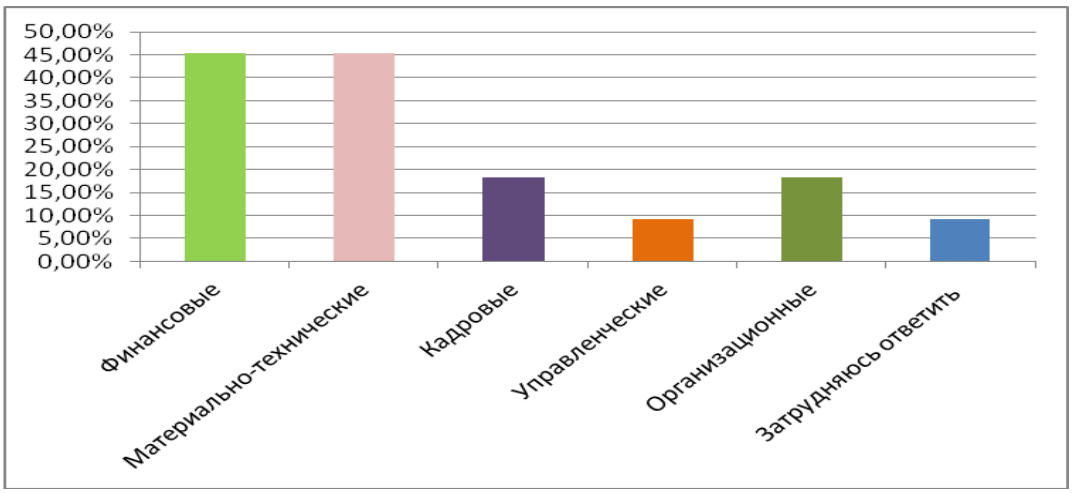


Рис. 3. Проблемы, с которыми сталкивались эксперты при создании МИП
Fig. 3. Challenges faced by experts in small innovative enterprises formation and set up

Большинство предприятий НИУ «БелГУ» использовали федеральные и региональные программы поддержки инновационного бизнеса: региональные институты поддержки - 54,4%, федеральные институты поддержки - 45,5%. Были также 18,18% респондентов, которые получили средства от университета, а 9,09% респондентов затруднились назвать источник финансирования (рис.4).

Респондентам было предложено определить этап жизненного цикла развития своей компании, на котором она находится в настоящее время (рис.5).

Большинство проектов находятся на стадии start-up, когда разработчики создали опытный образец, пытаются организовать производство и обеспечить вывод продукции на рынок. Основная проблема управления состоит в создании команды, выработке норм и правил совместной работы, что позволит проанализировать конкуренцию и найти рыночную нишу, провести поиск и привлечь первых потребителей-новаторов, выполнить переход от прототипа к действующему масштабируемому продукту.

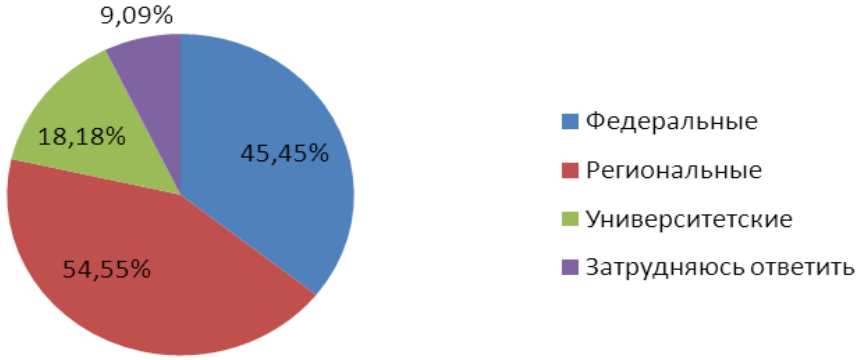


Рис. 4. Институты поддержки, с которыми работали респонденты в процессе формирования МИП
Fig. 4. Supporting institutions collaborated with respondents in small innovative enterprises formation

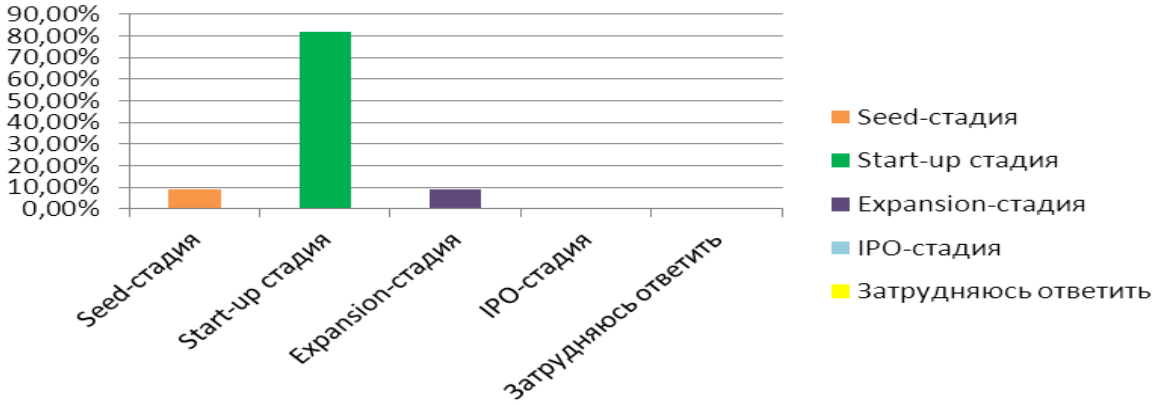


Рис. 5. Этапы жизненного цикла МИП
Fig. 5. Stages of small innovative enterprises development

На открытый вопрос о том, что, по мнению экспертов, затрудняет переход к следующей стадии развития предприятия, большинство (45,45%) назвали недостаток финансирования и материально-технические проблемы (27,27%). Это объясняется тем, что серийное производство требует значительно больших ресурсов, а, следовательно – привлечения других инвесторов, типа инвестиционных фондов, венчурных фондов, государственных корпораций, с которыми предприниматели не умеют работать. Однако, наряду с этими внешними проблемами, экспертами была названа недостаточная проработанность научной идеи, выявленная в ходе НИОКР, что делает дальнейшую работу с проектом нецелесообразной (рис.6).

Рис. 6. Важность информации о рынке (спрос, предложение, потребители, конкуренты) для снижения неопределенности деятельности МИП
Fig. 6. Importance of additional market information (demand, supply, customers, competitors) for uncertainty in small innovative enterprises activity reduction

В качестве отдельной проблемы, обозначенной большинством респондентов, отмечалось отсутствие необходимой информации о рынке для продуктов проекта. Так, 45,5% экспертов заявили, что это мешает принятию эффективных управленческих решений в течение всего периода деятельно-

сти предприятия, а 36,36% предпринимателей столкнулись с недостатком рыночной информации на этапе создания МИП.

Интерпретация результатов экспертного опроса позволяет сделать вывод о том, что для обеспечения развития инновационного предпринимательства, выживания маленьких компаний и их трансформации в растущий и зрелый бизнес, недостаточно наличия только инновационных идей, исследовательского потенциала научных школ и ресурсов вузов, которые они вносят в уставной капитал хозяйственного общества. Нужно нечто большее, связанное не только с укреплением и расширением непосредственно самой научно-образовательной системы. Необходимо одновременное и даже опережающее развитие инфраструктуры, создающей среду или экосистему для инноваций. Речь идет о формировании полноценной, многоуровневой и многофункциональной инновационной системы, в которой спроектированы не только крупные, общенациональные институты развития (государственные корпорации, инвестиционные фонды и др.) и соответствующие экономические механизмы инновационного процесса. Зачастую проблемы малых предприятий очень локальны, требуют точечной поддержки, нестандартных организационно-кадровых решений, управленческого и маркетингового консалтинга, которые они могут получить только на местах, без привлечения ресурсов серьезных фондаций, без длительных и сложных конкурсных процедур.

В качестве одного из возможных путей решения данной проблемы авторы предлагают рассмотреть модель создания сети региональных центров трансфера технологий, иннофабов, в которых сосредоточена критическая масса интеллектуальных, исследовательских, материальных и финансовых ресурсов для реализации инновационного сценария развития региона и страны в целом. Первоначально это возможно через создание в регионах проектных консалтинговых центров, которые со временем способны стать «упаковочными» компаниями, могут взять на себя функции отбора, экспертизы и бизнес-сопровождения инновационных идей, включая подбор инвесторов и организацию производства. Однако, как правило, создание таких структур регионального уровня затруднено отсутствием механизмов финансирования и координации деятельности различных групп стейкхолдеров упаковочной компании. Отчасти получают развитие инициативы крупных вузов по организацию упаковки своих инновационных проектов при поддержке как федеральных, так и региональных фондов. Бизнес-модель работы подобного подразделения (например, в виде центра консалтинга) представлена на рис. 7.

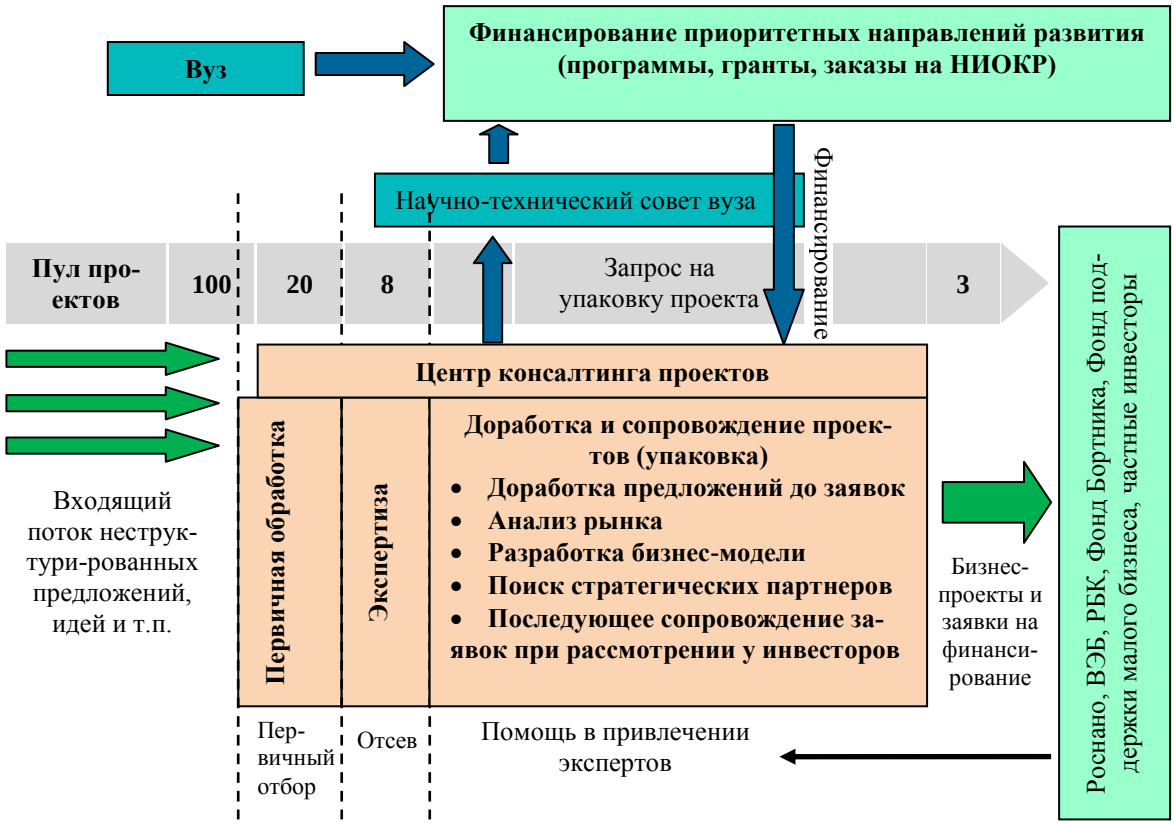


Рис. 7. Бизнес-модель центра консалтинга как подразделения вуза
Fig. 7. The business model of the proposed division of the university

Процесс упаковки инновационного проекта включает ряд стадий. Первая стадия заключается в организации и отборе первичного пула идей и предпроектных предложений. На этом этапе роль консалтингового центра второстепенна, поскольку основную работу должны выполнять специализированные подразделения вуза, отвечающие за планирование, организацию, мотивацию, координацию и контроль в сфере научной деятельности студентов и сотрудников. На второй стадии предварительно отобранные проектные идеи подвергаются экспертизе с последующим отсевом нежизнеспособных. Основное назначение: определить возможные стратегии коммерциализации (продажа патентов, производства, продуктов); определить конкретный класс инвесторов и целесообразность дальнейшей экспертизы. На этой стадии консалтинговый центр может подключаться для составления предварительного бизнес-плана, подбора соответствующего экспертного сообщества, ориентации на требования конкретного института государственной поддержки или финансирующей организации. Третья стадия наиболее трудоемкая с точки зрения консалтинга, поскольку отвечает за разработку и сопровождение конкурсной документации для инвестора. Эта стадия, так называемый Due Diligence (англ. *due diligence* — должная добросовестность), ответственна за составление объективного представления о проекте как об объекте инвестирования и включает разработку детального бизнес-плана по требованиям соответствующего инвестора. Особенностью Due Diligence для инновационных проектов является необходимость оценивать не только традиционные параметры – перспективы роста рынка, риски, производственные возможности, издержки и доходность, но и специфичные – управленческие компетенции команды проекта, их способность из идеи сделать бизнес, патентная защита, бизнес-модель проекта. Результатом этой стадии, длящейся порой от 6 до 12 месяцев, является принятие инвестором решения о начале инвестиций или отказе. В качестве возможных вариантов коммерциализации результатов научной деятельности может предусматриваться: 1) получение патента и продажа прав; 2) создание старт-апа с последующей продажей (бизнес-под ключ); 3) создание предприятия и организация собственного производства и продаж продукции.

Последующее сопровождение проекта также требует привлечения ресурсов консалтинговых центров, поскольку в процессе реализации и освоения выделенных средств инвестор контролирует результаты по этапам проекта и может изменить условия сотрудничества, если не видит смысла в дальнейшем участии. Сопровождение проекта в стадии реализации означает: проведение маркетинговых исследований, выбор целевых сегментов, стратегии сегментации и позиционирования, анализ реакции рынка на продукты; стратегическое планирование бизнеса, комплекс маркетинговых стратегий для старт-апа и выхода на рынок, для обеспечения перехода к стадии роста (Expansion); проектирование системы сбыта продуктов, ценовая политика, управление финансовыми потоками; формирование и обучение бизнес-команд проектов, налоговое, учетное, аналитическое обслуживание и др.

Заключение

В настоящее время место России на мировых высокотехнологичных рынках и в мировых инновационных процессах неадекватно имеющемуся в стране интеллектуальному и научно-образовательному потенциалу. Состояние национальной инновационной системы по многим характеристикам существенно отстает от развитых стран, с другой стороны, предлагаемые отечественным сектором исследований и разработок отдельные научные результаты мирового уровня не находят применения в российской практике вследствие общей низкой восприимчивости к инновациям предпринимательского сектора. Определенным связующим звеном между научным сообществом и высокотехнологичным бизнесом могут стать малые инновационные предприятия вузов, которые обладают компетенциями создавать и коммерциализировать научные разработки, трансформировать их в наукоемкий бизнес и высокотехнологичные производства. Однако руководители МИП в крупнейших исследовательских университетах страны сталкиваются с рядом проблем, таких как финансовые, материально-технические, кадровые и другие, которые схожи с общими проблемами малого бизнеса, но специфичны в части организации выведения инновационной продукции на рынок, особенно в части инструментов формирования спроса и стимулирования сбыта новых продуктов. Командам проектов не хватает компетенций работы в рыночном пространстве, а зачастую и управленческих компетенций, опыта маркетинговой деятельности и выбора рынков, поиска инвесторов и создания конкурсных документов. Их трудности заключаются в том числе и в поиске сфер применения разработок, покупателей научной разработки, стратегических партнеров для управления жизненным циклом компании и ее устойчивого, поступательного развития.

Список литературы
References

1. Российская Федерация. Законы. 2009. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяй-

ственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности : федеральный закон РФ от 2 августа 2009 г. № 217 – ФЗ. Собрание законодательства РФ. № 31: 3923.

The Russian Federation. Laws. 2009. On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation on business entities of budget scientific and educational institutions establishment for intellectual activity results practical application (implementation) purposes: the Federal Law of August 2, 2009 № 217 – FZ. Official gazette of the Russian Federation. № 31: 3923.

2. Ломовцева О. А., Герасименко О.А. 2014. Участие вузов в инновационном обновлении промышленности региона. Вестник Волгоградского института бизнеса. Бизнес. Образование. Право. № 1 (26): 131-133.

Lomovtseva O.A., O.A. Gerasimenko. 2014. Universities involvement in region's industry innovation upgrading. Volgograd Institute of Business Bulletin. Business. Education. №1 (26):131-133.

3. Ломовцева О.А. 2013. Проблемы трансфера инновационных технологий и продуктов в вузах России. Innowacynosc I przedsiebiorczsc w warunkach kryzysu: Wydawnictwo KUL, Lublin (Польша): 150-155.

Lomovtseva O.A. 2013. Challenges of innovative technologies and products transfer in Russian universities. Innowacynosc I przedsiebiorczsc w warunkach kryzysu: Wydawnictwo KUL, Lublin (Poland): 150-155.

4. Алимов А.Н., Прядко С.Н. 2013. Проблемы коммерческого трансфера результатов интеллектуальной деятельности вуза. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Выпуск 19/1. №13(108): 70 – 81.

Alimov A.N., Pryadko S.N. 2013. University intellectual activity commercial transfer challenges. Belgorod State National Research University Bulletin. Issue 19/1. №13 (108): 70 – 81.

5. Киселев М.В. 2012. Проблемы и перспективы развития малых инновационных предприятий при КГТУ. Вестник КГТУ. №2 (29).

Kiselev M.V. 2012. Problems and prospects of small innovative enterprises development at KSTU. Bulletin. №2 (29).

6. Треть малых предприятий при вузах существует лишь на бумаге: интервью А. Колесникова корреспонденту STRF.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.strf.ru/material.aspx?d_no=41450& CatalogId=223&print=1.

A third of small businesses at universities exist only on paper: an interview with A. Kolesnikov to STRF.ru [Electronic resource]. - URL: www.strf.ru/material.aspx?d_no=41450& CatalogId = 223 & print = 1.

УДК 681.322

ОПИСАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ СЛОЖНОГО ИННОВАЦИОННОГО ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

DESCRIPTION OF THE PROJECT LIFECYCLE FOR CREATION THE COMPLEX INNOVATION PRODUCTS ON THE BASIS OF THE COMPONENT-ORIENTED APROACH

И.С. Константинов, С.А. Лазарев, Ю.И. Сергеева
I.S. Konstantinov, S.A. Lazarev, J.I. Sergeyeva

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85, Victory St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: konstantinov@bsu.edu.ru, lazarev_s@bsu.edu.ru, sergeeva_yu@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье рассмотрены научно-прикладные основы и возможности компонентной технологии в управлении проектами по созданию сложных инновационных изделий машиностроения с применением компонентов повторного использования. Рассмотрены и раскрыты основные стадии жизненного цикла компонентов и взаимосвязь между ними в рамках проекта. Применение компонентной технологии в управлении проектами позволяет существенно снизить стоимость, сроки и риски реализации проекта, а также рационализировать процесс выбора состава участников проекта, выбор наиболее оптимальных управленческих и технологических решений на всех стадиях жизненного цикла проекта с большей долей инновационных решений.

Resume. The article considers scientific application and capabilities of component technology in the management of projects for creation of complex innovative products using reuse components. The reuse components of the project enable to use in the project ready and approved basic solutions (organizational measures). The main stages of the components lifecycle and their interrelation within the project are considered and explored. The component structure includes functionality that controls the component at each stage of its lifecycle. Component technology application in project management enables to significantly reduce the cost, time and risk of the project, as well as to streamline the selection process of project implementers, to choose the best management and technological solutions at all stages of the project lifecycle with a high degree of innovative solutions.

Ключевые слова: компонент повторного использования (КПИ), жизненный цикл проекта, техническое задание, детали или сборочной единицы (ДСЕ), этапы проектирования.
Key words: reuse component, project lifecycle, requirements specification, parts and assembly units, design stages.

Введение

Современные условия развития общества, которые в значительной мере определяются темпами развития науки и техники, динамично меняющимися требованиями к уровню производимой и потребляемой продукции, непрерывно обостряющейся конкуренцией между производителями, вполне однозначно определили ключевые тенденции развития инновационной деятельности в сфере высокотехнологичной и наукоемкой продукции [1].

Общая тенденция к сокращению жизненного цикла промышленных изделий диктует противоречивые требования на этапах их разработки, производства и эксплуатации. В первую очередь, это касается существенного сокращения сроков выпуска новых изделий, одновременного снижения их себестоимости до конкурентоспособного уровня, повышения технического уровня, обеспечения их качества и надежности [2]. Очевидно, что одновременное выполнение этих требований является трудноразрешимой задачей, особенно если изделие является в значительной степени инновационным.

Постановка задачи

На основе проведенного анализа современного состояния теоретических и практических аспектов управления жизненным циклом изделия в условия инновационной деятельности, рассмотрены основные проблемы инновационной деятельности производственных предприятий, которые заключаются в неопределенности рисков, сроков, стоимости, выборе состава участников проекта, выборе наиболее оптимальных управленческих и технических решений на всех этапах жизненного цикла изделия с большой долей инновационных решений [3-5].

Несмотря на внедрение и освоение новых методов расчета и проектирования, новых конструкционных материалов, производственного оборудования и средств его автоматизации, на сегодняшний день является очевидным, что решение перечисленных проблем инновационной деятельности в сфере высокотехнологичной и наукоемкой продукции является невозможным без примене-

ния эффективных, рациональных и надежных методов управления жизненным циклом изделия на всех его этапах [6].

Основная часть

Если представить проект как процесс получения конечного продукта, а конечный продукт – как иерархию структурных элементов создаваемого сложного изделия, то можно выделить проектные решения, связанные с каждым элементом создаваемого продукта [7]. Очевидно, что элемент изделия и компонент проекта неразрывно связаны между собой, точнее, компонент проекта подчинен цели создания элемента изделия, детали или сборочной единицы (ДСЕ) Далее под компонентом проекта понимается совокупность управленческих, организационно-технических и производственных мероприятий, направленных на реализацию конкретного структурного элемента изделия. Таким образом, компонент проекта представляет собой процесс, связанный с определенным объектом, являющимся составной частью другого объекта-контейнера, что вполне естественно для компонентно-объектной модели.

Двойственность компонента проекта заключается в том, что он одновременно характеризует объект как структурный элемент продукта и связанный с ним процесс как составляющую проекта. Компонент проекта в данном представлении является элементарной информационной единицей проекта**.** В то же время, компонент проекта является законченным микропроектом со всеми этапами в рамках глобального проекта. Такая информационная структура четко и однозначно связывает структуру продукта и структуру проекта по его созданию.

Наиболее наглядно достоинства компонентной модели можно продемонстрировать на примере жизненного цикла проекта [8]. Жизненный цикл проекта, построенного на основе компонентной модели, можно представить следующим образом.

По окончании этапа внешнего проектирования формируется техническое задание (ТЗ), являющееся основой для всех последующих этапов выполнения проекта. В него входит необходимая документация по изделию, технические требования к нему, оговариваются основные условия выполнения проекта. На данном этапе заказчиком предварительно оцениваются сроки и стоимость выполнения проекта, что дает ему основания для выбора исполнителей на конкурсной основе [9].

Опираясь на имеющиеся в ТЗ данные, исполнитель приступает к этапу внутреннего проектирования, результатом которого будет являться качественная реализация проекта в заданные директивные сроки. На рисунке 1 представлен данный процесс.

Первым этапом реализации проекта является разработка концепции проекта в заданные директивные сроки. На этом этапе анализируется сведения, содержащиеся в ТЗ, и на их основе определяется архитектура изделия. Структурные элементы изделия (ДСЕ) в дальнейшем являются основой для выявления и формирования компонентов проекта в соответствии с приведенным ранее определением компонента проекта. Правильная структуризация изделия является гарантией правильного представления проекта в виде иерархического дерева компонентов проекта.

На этом этапе на основе дерева компонентов формируется команда исполнителей с учетом их специализации и накопленного опыта. В конечном итоге по окончании этапа разработки концепции дерево структуры изделия, построенное на основе ТЗ и спецификаций на изделие, трансформируется в дерево компонентов проекта, причем компоненты определенным образом распределяются между участниками проекта. При этом имеющиеся в изделии связи между ДСЕ, за выполнение которых отвечают разные исполнители в составе кооперации, не разрываются, а преобразовываются в межкомпонентные связи (показаны пунктиром на рис. 1), роль которых заключается в синхронизации действий по выполнению компонентов проекта.

Начиная со следующего этапа проекта – планирования работ по компонентам – вся работа по созданию элементов изделия в соответствии с результатами предыдущего этапа выполняется исполнителями самостоятельно до окончательной реализации изделия.

На этом этапе основное внимание уделяется четкому планированию сроков окончания работ исполнителями по реализации компонента (компонентов) и своевременной передаче результатов главному исполнителю. Основная идея заключается в том, что проектный компонент не может быть реализован позже назначенного срока, так как это приведет к существенным задержкам при реализации всего проекта, непредвиденным затратам и финансовым рискам. С другой стороны, досрочная реализация компонента проекта приведет к простою исполнителя компонента, что также может привести к снижению экономической эффективности действий проектировщиков. Помимо этого, досрочная реализация проектного компонента потребует хранение элемента изделия до тех пор, пока он окажется востребованным, т.е. наличие складских помещений, а значит, дополнительных лишних затрат. В этой связи особое значение имеет точное планирование сроков реализации проектного компонента и своевременная поставка элемента изделия основному исполнителю «с колес», исключая складское хранение как негативный фактор.

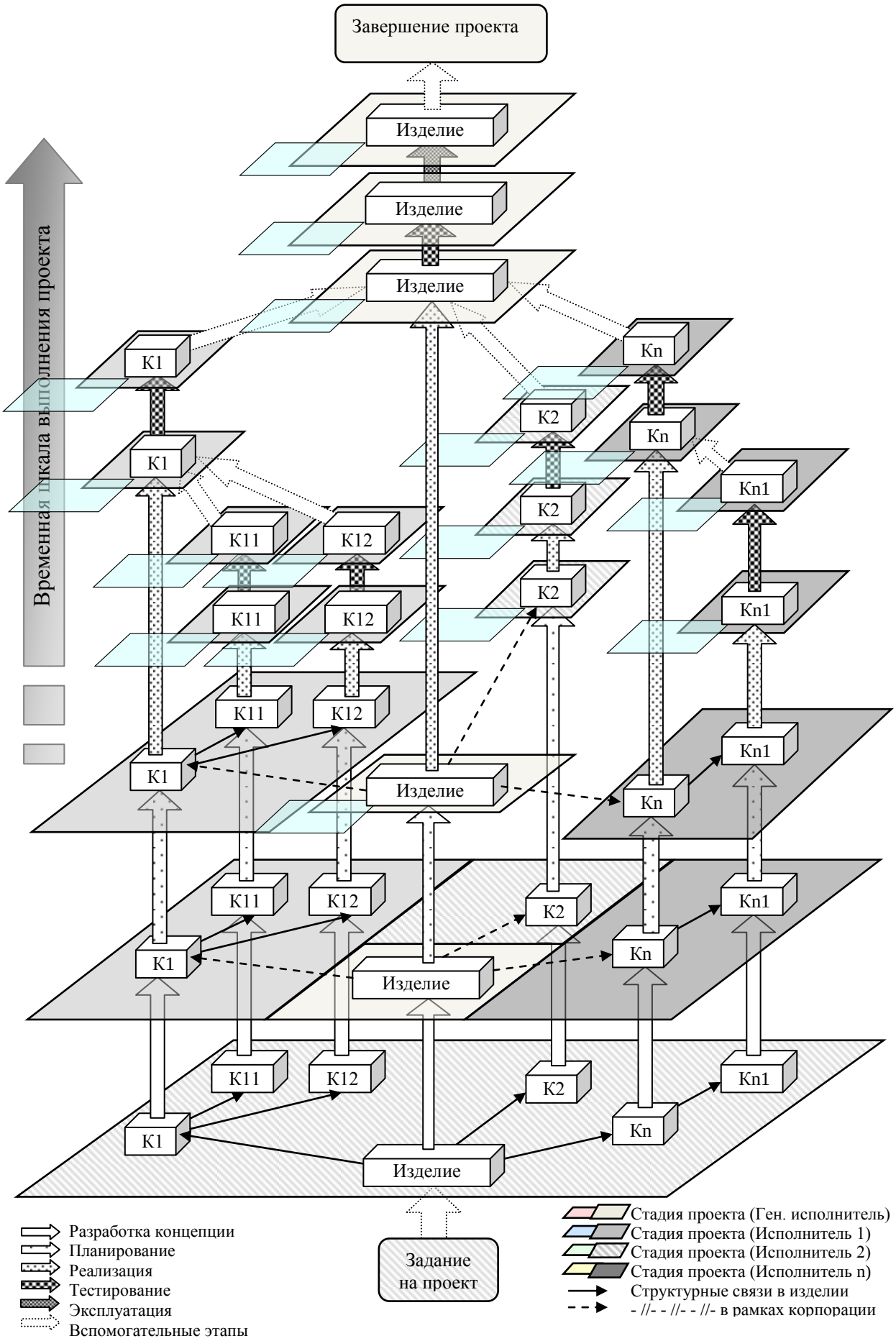


Рис. 1. Компонентная декомпозиция жизненного цикла проекта
Fig. 1. Component decomposition of the project life cycle

Большое значение при этом имеет методика планирования «сверху вниз», т.е. планирование сроков путем обратного отсчета от конечного срока работ над проектом в целом. Это дает возможность определения сроков окончания работ по отдельным компонентам проекта с учетом необходимых сроков поставки элементов, комплектации и тестированию в составе изделия с учетом его иерархической структуры. Принципиальная важность такого планирования состоит в том, что конечный исполнитель может оценить для себя срок начала работ по реализации компонента с учетом его своевременного окончания. Это дает ему возможность так планировать свою деятельность, чтобы обеспечить полную загрузку своих мощностей, например, участвуя в других проектах.

На рисунке 1 представлена динамика развития компонентного проекта. Стрелками обозначены различные последовательные этапы реализации проектных компонент и изделия в целом. Плоскостями, перпендикулярными временной шкале, обозначены конечные состояния компонентов и изделия. Условно плоскость представляет собой переход между этапами реализации компонентов – окончание предыдущего и начало последующего этапов.

Необходимо отметить, что моменты начала и окончания основных этапов для различных проектных компонентов и субкомпонентов могут не совпадать, важно лишь то, чтобы соответствующий компонент после окончания этапа его выполнения и обязательного тестирования элемента изделия (контроля качества) своевременно был передан основному исполнителю для комплектации и тестирования изделия в целом с последующей его передачей на стадию эксплуатации.

Таким образом, особенность компонентной модели проекта состоит в том, что для нее нельзя заранее определить моменты перехода между основными этапами проекта, кроме первого и заключительного этапов, поскольку для различных компонентов, составляющих проект, эти моменты разнесены во времени.

Этап планирования приобретает особую важность еще и в связи с тем, что иерархия исполнителей не ограничивается схемой, представленной на рисунке 1, а может быть неограниченной сложности. При этом, например, для компонента К1 и его субкомпонентов К11 и К12 могут быть выбраны различные исполнители. Здесь проявляется отношение «предок-потомок», характерное для объектных моделей, причем вложенность таких отношений не имеет ограничений.

По окончании следующего этапа – реализации – обязательным является этап тестирования ДСЕ, на котором выявляются возможные несоответствия с требованиями ТЗ, с чем связаны основные проектные риски. Дополнительные риски могут быть оценены путем отслеживания межкомпонентных связей на предыдущих этапах, до окончания выполнения компонента. Задача минимизации рисков, определяемых межкомпонентными связями, возлагается на основного исполнителя.

Заключительным этапом является ввод в эксплуатацию готового изделия, на котором, с помощью сервисных центров, осуществляется гарантийное регламентное обслуживание, ремонт, а также транспортирование и хранение изделия.

Этап реализации конечного изделия завершается только после того, как все входящие в него составляющие реализованы и протестированы, а само изделие полностью укомплектовано в соответствии с представленной в ТЗ структурой. Далее изделие (или изделия) переходит на этап общего тестирования, по окончанию которого начинается стадия ввода в эксплуатацию. На данном этапе изделие передается заказчику и проект завершает свой жизненный цикл.

Представляет интерес жизненный цикл отдельного компонента проекта.

На рисунке 2 представлен жизненный цикл компонента Kn, входящего в состав проекта, изображенного на рисунок 1. В соответствии со всем сказанным ранее, первый этап жизненного цикла компонента (разработка концепции) имеет длительность, одинаковую для всех компонентов проекта, поскольку его планирование и выполнение не могут начаться до тех пор, пока не будет определен исполнитель и не приняты все основные проектные решения, характерные для этого этапа.

Этап планирования работ по выполнению проектного компонента позволяет определить сроки его реализации, тестирования и передачи элемента изделия, причем при проектировании путем обратного отсчета, как говорилось ранее, можно определить срок начала работ по реализации компонента, чтобы элемент изделия был передан для комплектации изделия в нужный момент времени, без задержек, но и не преждевременно. Таким образом, в распоряжении исполнителя оказывается период времени от начала планирования работ до момента передачи результатов работ главному исполнителю.

Учитывая то, что срок реализации проекта зависит от срока выполнения отдельного компонента, на который затрачивается наибольшее количество времени, остальные исполнители проекта окажутся недогруженными. Здесь возможно два взаимно не исключающих варианта:

– дополнительная загрузка недостаточно загруженных исполнителей за счет других, не связанных с данным проектом задач;

– сокращение сроков реализации наиболее критичного с точки зрения сроков реализации компонента.

Очевидно, что первый вариант, хотя и возможен, но сопряжен с рядом недостатков. В первую очередь, он лишает исполнителя гибкости в принятии экономических решений. Кроме того, срок вы-

полнения проекта, в котором участвует исполнитель, оказывается более длительным, что также негативно сказывается на экономических показателях исполнителя.

Второй вариант является наиболее приемлемым, тем более что для его реализации имеется два способа, причем возможно их совместное применение. Во-первых, возможно совместное выполнение наиболее критичного с точки зрения сроков компонента несколькими исполнителями.

Во-вторых, наиболее эффективным и не исключающим первый указанный способ, является применение компонентов повторного использования (КПИ).

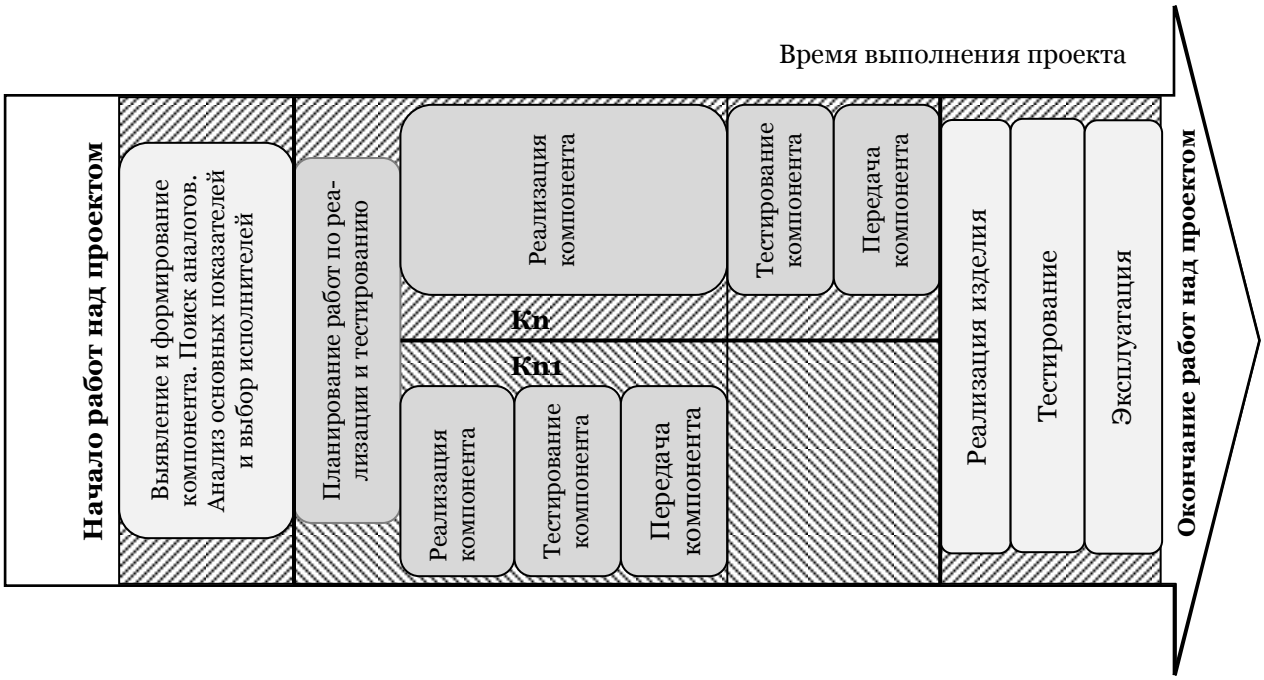


Рис. 2. Жизненный цикл компонента проекта
Fig. 2. The lifecycle of a project component

Суть повторного используемых компонентов проекта заключается в том, что они позволяют применить в проекте уже готовые и проверенные на практике базовые решения (организационно-технические мероприятия), позволяющие существенно сократить сроки реализации компонента и снизить риск при его реализации. Очевидно, что для компонента Kn и его субкомпонента Kn1 (рисунок 2) такой подход позволит сократить длительность этапов от планирования компонента до его передачи, тем самым сократив срок выполнения всего проекта. Понятие КПИ предполагает специализацию исполнителей в определенной области деятельности и наличие определенного опыта у исполнителя, что упрощает их выбор.

Для структурных составляющих изделия с большой долей инноваций, которые по какому-либо признаку или ряду признаков не вполне соответствуют существующим компонентам повторного использования, выбираются компоненты на основе расширенного конструктивно-производственно-технологического классификатора. В дальнейшем данные компоненты частично модифицируются, дополняются недостающим функционалом и в дальнейшем могут использоваться как полноценные КПИ. Отличие от выше рассмотренного случая состоит в том, что такие показатели, как надежность техпроцесса, себестоимость, риски любой природы и прочие показатели для такого компонента в случае его первого применения будут известны не в полной мере, а частично. Соответственно, структурные единицы изделия, связанные с такими компонентами, будут нести в себе большую неопределенность и риски, чем в случае использования полноценного КПИ.

ДСЕ, которые по своей конструкции или технологии являются абсолютно уникальными, изначально не могут быть связаны с готовым КПИ или с КПИ, подлежащим модификации, как в первых двух случаях. Для таких структурных единиц, являющихся абсолютно инновационными, компоненты создаются впервые, и как следствие, основные проектные риски, возможные экономические издержки, конструктивные и производственные ошибки будут сосредоточены именно в этих компонентах. Но уже при повторном использовании этих компонентов все их показатели будут иметь количественную оценку что позволит сделать риски и все возможные издержки контролируемыми и предсказуемыми. Обычно для инновационных проектов доля таких компонентов все же относительно невелика, и согласно теории развития инженерных знаний не превышает 10–15% [10].

Безусловно, что КПИ не являются статичными. Внедрение любой новой технологии может и должно быть отражено в компоненте, как в существующем, так и во вновь создаваемом в качестве одного из альтернативных решений. Те проектные, технологические или управленческие решения, ко-

торые по каким-либо признакам оказываются устаревшими, могут быть удалены из компонента. Таким образом, поддерживается постоянная актуальность компонента повторного использования.

В состав компонента закладывается функционал, реализующий управление компонентом на каждой стадии его ЖЦ. Как уже упоминалось, структура изделия, а, следовательно, и декомпозиция изделия на компоненты повторного использования реализуются на основе сведений о составе изделия (спецификации). Для каждой структурной единицы изделия выбирается наиболее близкий по конструктивным признакам компонент. На начальном этапе этому КПИ ставятся в соответствие исходные данные о конструкции объекта, условиях производства и т.д. Специфика, как проектирования, так и технологической подготовки производства такова, что наполнение компонента свойствами выполняется исключительно последовательно, от одного уровня детализации к другому, основываясь на том логико-математическом аппарате, который функционирует на данном этапе ЖЦ, позволяя перейти на новый этап по мере детализации сведений о компоненте.

В целях обеспечения полноценного функционирования при таких условиях, компонент представлен двойственной структурой.

С одной стороны, последовательность этапов ЖЦ с учетом межкомпонентных взаимодействий описывается формализмом сетей Петри и теорией графов [11].

На рисунке 3 описана динамика развивающегося процесса, представляющего собой жизненный цикл компонента Kn и двух вложенных в него подчиненных компонентов (Kn1, Kni). Каждое событие сети Петри представляет собой совокопность свойств, характеризующих состояние объекта αi и выполняемых в данном состоянии процедур Zi. Каждой выполняемой процедуре Zi соответствует условие перехода Xi, что в равной степени относится как к переходам внутри компонента, так и к межкомпонентным связям Wi. Достоинством такого описания является неизменная структура базового элемента с регулярным описанием состояния.

Математическое представление графов такого типа положено в основу внутреннего строения КПИ и проекта в целом. Сети Петри позволяют естественным образом объединить отдельные компоненты в полномасштабный проект за счет введения межкомпонентных связей, а также наложить на протекающие в различных КПИ параллельные процессы дополнительные условия блокировки и синхронизации. Подобным образом может быть описана логика развития процессов практически неограниченной сложности.

С другой стороны, на каждом из этапов ЖЦ функционал компонента представлен на основе объектно-ориентированного подхода (ООП) [12]. Это позволяет широко использовать при реализации КПИ такие достоинства ООП, как наследование, инкапсуляция и полиморфизм, делая КПИ предельно гибким в использовании. При этом понятия переходов в ориентированных графах тесно связываются с понятиями событий, свойств и методов в терминах ООП, а событийный аппарат ООП представляет широкие возможности для организации и реализации межкомпонентных связей в графах.

Сформулируем объектно-ориентированные свойства КПИ:

Инкапсуляция – возможность эффективно изолировать характеристики компонента и комплекс организационно-технических мероприятий от всего остального проекта. Разработав однажды КПИ, протестировав правильность, надежность и стабильность связанных с ним мероприятий и характеристик, определяющих состояние компонента, реакций на изменение внешних для КПИ условий (по сути – классических свойств, методов и событий), исполнитель может уверенно применять их в дальнейшем, минимизировав сроки реализации, затраты и риски. Побочный эффект заключается в том, исполнитель изолирует процессы, происходящие с КПИ, от остального проекта, тем самым повышая его стабильность.

Наследование – это возможность создания новых компонентов на базе существующих. При этом новые КПИ наследуют характеристики и решения базовых компонент, расширяя их возможности. Данное свойство позволяет снизить риск ошибочных действий при модификации КПИ.

Полиморфизм – позволяет многократно определять альтернативные управленческие решения для компонент, расширяя их функциональность и область применения, причем то, какое решение будет принято, зависит от используемой версии компонента.

Таким образом, компоненты проекта повторного использования в полной мере соответствуют классическим понятиям, принятым для компонентно-объектных моделей.

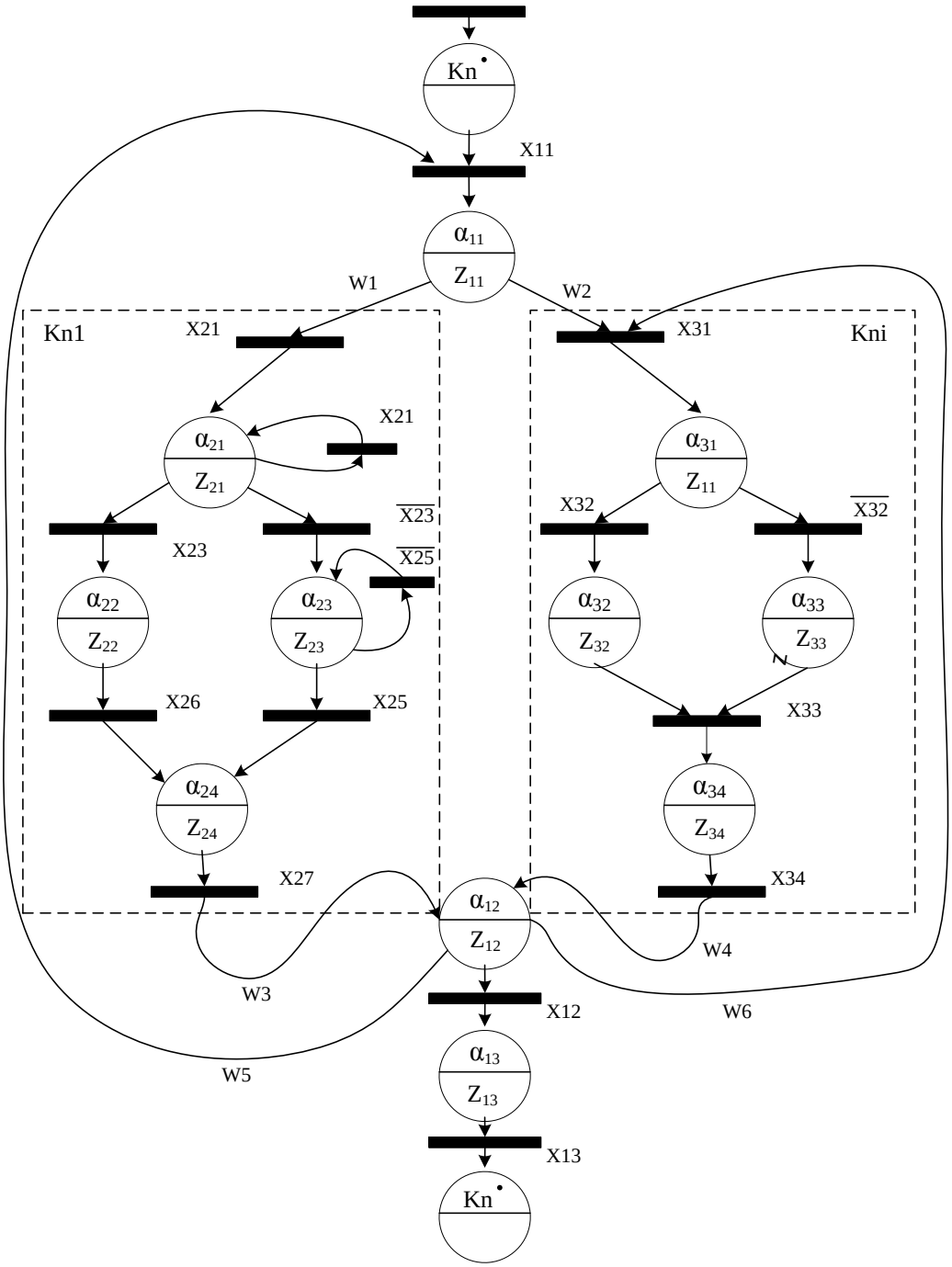


Рис. 3. Представление ЖЦ компонента и межкомпонентных связей
с помощью формализма сетей Петри
Fig. 3. Lifecycle of the component and inter-component links with the aid of Petri nets formalism

Заключение

Актуальность компонентной модели проекта и использование в проекте компонентов повторного использования определяется следующими достоинствами: сокращением сроков реализации проекта в целом, связанных с планирующими затратами и возможными рисками, возможностью обоснованного выбора состава исполнителей, естественной приспособленностью компонента для корпоративных проектов. Однозначная связь компонента проекта с конкретным структурным элементом изделия снижает вероятность ошибок на этапах планирования проекта. Кроме того, проект может быть с большей легкостью расширен уже в процессе реализации путем изменения структуры изделия и связанных с этим мероприятий, также представленных в виде компонента, либо прочих мероприятий, например, обучения персонала или проведения рекламных кампаний, связанных с проектом, что обеспечивается за счет гибкости компонентной модели проекта.

Список литературы
References

1. Бакланова Ю.О. 2012. Эволюция подхода к проектному управлению инновациями: инициатива, проект, программа, портфель. Современные технологии управления. 3 (15). № гос. рег. статьи 0421200170. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sovman.ru.

Baklanova Ju.O. 2012. Jevoljucija podhoda k proektnomu upravleniju innovacijami: iniciativa, proekt, programma, portfel' [Approach evolution to project management innovation: the initiative, project, program, portfolio]. Sovremennye tehnologii upravlenija. 3 (15). № gos. reg. stat'i 0421200170. [Electronic resource]. - URL: http://sovman.ru. (in Russian).

2. Грачева Н.В. 2009. Управление циклом создания нового продукта как бизнес-процессом. Брянский государственный университет. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 7(62). Вып.10/1: 55–61.

Gracheva N.V. 2009. Upravlenie ciklom sozdanija novogo produkta kak biznes-processom. Brjanskij gosudarstvennyj universitet [Cycle control to create a new product as the business process]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 7(62). Vyp.10/1: 55–61. (in Russian)

3. Turner J.R., Ledwith A., Kelly, J.F. 2010. Project management in small to medium-sized enterprises: matching processes to the nature of the firm. International Journal of Project Management. 28(8): 744–55.

4. Bowers J., Khorakian A. 2014. Integrating risk management in the innovation project. European Journal of Innovation Management. 17(1): 25–40.

5. Wenfa Hu, Xinhua He. 2014. An Innovative Time-Cost-Quality Tradeoff Modeling of Building Construction Project Based on Resource Allocation. The Scientific World Journal, 2014, Article ID 673248.

6. Шевченко С.Ю. 2008. Управление жизненным циклом инновационного продукта. Креативная экономика. 1(13): 20–29.

Shevchenko S.Ju. 2008. Upravlenie zhiznennym ciklom innovacionnogo produkta [Lifecycle Management Product Innovation]. Kreativnaja jekonomika. 1(13): 20-29. (in Russian)

7. Iakovleva A. Iu. 2014. Methodological aspects of project techniques selection for innovation project management. Basic research program, working papers, series: management. National Research University Higher School of Economics.

8. PMBOK. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. 2008. 4-е изд. Пер. с англ. PMI., Inc., Pennsylvania. (A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fourth Edition. 2008. Project Management Institute, Inc., Pennsylvania.).

PMBOK. Rukovodstvo k Svodu znanij po upravleniju proektami [A Guide to the Project Management Body of Knowledge]. 2008. 4-e izd. PMI, Inc., Pennsylvania. (A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fourth Edition. 2008. Project Management Institute, Inc., Pennsylvania.).

9. Биннер Хартмут. 2010. Управление организациями и производством. От функционального менеджмента к процессному. Альпина Паблишер, 282.

Binner Hartmut. 2010. Upravlenie organizacijami i proizvodstvom. Ot funkcional'nogo menedzhmenta k processnomu [Corporate and manufacturing management. From functional management to process]. Al'pina Pablisher, 282. (in Russian)

10. Дытыненко П.Н., Чудинов С.М., Ройко Г.А. 2013. Информационное обеспечение отбора инновационных проектов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 15(158). Вып.27/1: 179-185.

Dytynenko P.N., Chudinov S.M., Rojko G.A. 2013. Informacionnoe obespechenie otbora innovacionnyh proektov [Information support for selection innovative projects]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 15(158). Vyp.27/1: 179–185. (in Russian).

11. Питерсон Дж. 1984. Теория сетей Петри и моделирование систем. Пер. с англ., М., Мир, 264. (Piterson Dzh. 1981. Petri Net Theory And The Modeling Of Systems. Prentice Hall, 290.).

Piterson Dzh. 1984. Teorija setej Petri i modelirovanie system [Petri Net Theory And The Modeling Of Systems]. M., Mir, 264. (Piterson Dzh. 1981. Petri Net Theory And The Modeling Of Systems. Prentice Hall, 290.).

12. Jian Wang. 2001. Object-Oriented Analysis Methodology. Information Systems Analysis Section G01, School of Business Administration University of Missouri-St. Louis.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 330.45:004.94

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОГРАММАМИ В АГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

INVESTMENT PROGRAM MANAGEMENT IN AGENT MODEL OF EXPERIMENTAL ECONOMICS

А.Л. Машкова, О.А. Савина
A.L. Mashkova, O.A. Savina

Приокский государственный университет, Россия, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29.
Priokski State University, Orel, Naugorskoe shosse, 29, 302020, Russia.

E-mail: aleks.savina@gmail.com, o.a.savina@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы математического моделирования и алгоритмизации процесса инвестирования экономических программ в агентной модели экспериментальной экономики. Предлагается система показателей эффективности инвестиционных проектов с точки зрения федеральной и региональной значимости и оценки их реализуемости. Инвесторы группируются в кластеры с точки зрения их отношения к инвестициям, вкладываемым в реализацию проекта: собственные, заемные коммерческие или государственные средства. Для отражения процесса инвестирования в агентной модели экспериментальной экономики строятся алгоритмы принятия решения с точки зрения различных групп инвесторов и общий алгоритм инвестирования проекта.

Resume. The article deals with mathematical modeling and algorithmization of investment process of economic programs in the agent based model of experimental economics. In introduction we justify the need to develop models of experimental economics based on agent approach and show the place of investment processes model in it. In section “Formulation of the problem” we introduce the main criteria for investment program evaluation, which are costs of financial resourses and risk. In section “Mathematical model” we discuss the system of indicators of efficiency of investment projects in terms of federal and regional significance. Investors are grouped into clusters in terms of their relation to the investment made in the project: own, borrowed commercial or public funds. Section “Algorithmical realization” is dedicated to reflection of the process of investing in algorithms of agent model of experimental economics. In conclusion we set future goals, which are programming of the algorithm and experimental research.

Ключевые слова: агентное моделирование, модели экспериментальной экономики, принятие решений, инвестиционная программа, кластер.
Key words: agent model, model of experimental economics, decision making, investment program, cluster.

Введение

Разработка комплексных моделей экспериментальной экономики во многих случаях ставит своей конечной целью получение прогнозов последствий управляющих воздействий – реформ и программ развития – на социально-экономическую систему [Макаров, Бахтизин, 2013]. Отличительной особенностью агентного подхода, выбранного коллективом авторов, является тот факт, что он предоставляет возможность оценки результата управляющих воздействий как совокупности реакций на них отдельных людей. В такой модели поведение человека воспроизводится интеллектуальным агентом, имеющим связи с внешним миром, собственную меру осведомленности о происходящих в нем процессах, субъективные оценки своего положения и процедуры принятия экономических, социальных и политических решений.

В процессе работы коллектива уже были разработаны программные блоки, моделирующие процессы демографии [Машкова, Сарапкина, 2015] и миграции [Савина (Машкова), 2011], а также механизмы сбора и распределения налогов [Савина, Машкова, 2015]. Настоящая работа посвящена вопросам воспроизведения динамики экономических процессов в агентной модели экспериментальной экономики на основе механизмов инвестирования.

Инвестирование программ экономического развития происходит из многих источников, как частных, так и государственных, причем каждая из сторон должна учитывать интересы всех участни-

ков. Для отражения перечисленных характеристик предлагается модель процесса принятия решения экономическими агентами-инвесторами.

Постановка задачи

Задача инвесторов состоит в том, чтобы распределить имеющиеся в их распоряжении ресурсы между проектами программы, обеспечив при этом компромисс интересов инициатора проекта и привлеченных инвесторов [Машкова, 2014]. При этом интерес инвестора как экономического агента заключается в том, чтобы получить максимально возможный доход от вложения средств в проект, в то время как инициатор проекта стремится покрыть свою потребность в финансовых ресурсах за счет наиболее «дешевых» инвестиций, чтобы реализация проекта осталась для него экономически выгодным мероприятием. Компромисс двух групп экономических агентов достигается путем включения в инвестиционный процесс государства, которое в отличие от остальных экономических агентов обладает не только финансовыми средствами, но и инструментами непрямого финансирования, применяя которые государство осуществляет управление структурой привлеченных средств.

Оптимальная структура инвестирования экономической программы представляет собой такое распределение долей общей потребности финансирования программы среди экономических агентов-инвесторов, которое позволяет минимизировать общую стоимость привлечения средств инвесторов за счет предоставления мер государственной поддержки при условии удовлетворения интересов инвесторов, то есть обеспечения требуемого уровня эффективности. Таким образом, основными критериями оптимальности при принятии решения выступает – минимальная стоимость привлеченных ресурсов и соотношение доходность – риск при требуемом уровне эффективности.

Математическая модель

Первый этап построения модели процесса принятия решения экономическими агентами-инвесторами (рисунок 1) заключается в формировании характеристик альтернативных инвестиционных проектов. В рамках предложенной модели принятия решения предполагается, что каждый проект P_i характеризуется следующими пятью частными показателями эффективности: коммерческая эффективность проекта – $П_1$; бюджетная эффективность проекта – $П_2$; общественная эффективность проекта – $П_3$; региональная значимость проекта – $П_4$; федеральная значимость проекта – $П_5$ [Машкова, 2014; Савина, Машкова, Тарасова, 2013]. Очевидно, что значимость каждого из частных показателей эффективности для каждого инвестора неодинакова, однако каждый вид эффективности так или иначе влияет на интегральную эффективность проекта для каждого кластера инвесторов.

Модель позволяет с помощью выполнения поэтапного алгоритма действий, исходя из заданных принципов поведения участников инвестиционного процесса, оптимальным образом распределить имеющиеся в распоряжении инвесторов средства с учетом потребности в финансировании инвестиционной программы.

В модели учитывается, что процесс распределения средств зависит от ожидаемой интегральной эффективности проекта, которая должна превышать некоторое пороговое для каждого инвестора значение для принятия им положительного решения о вложении средств. При этом считается, что инвестор гарантированно получит ожидаемый эффект. Однако в реальных экономических условиях на процесс принятия инвестором решения о целесообразности вложения средств в конкретный инвестиционный проект влияет риск того, что инвестор не получит обещанный эффект, или получит его с нарушением срока или в меньшем объеме. Как правило, учитывая возможный уровень риска, инвестор закладывает его в стоимость своих средств, что в случае их привлечения приводит к существенному «удорожанию» инвестиционных проектов и делает их экономически невыгодным для инициатора мероприятием.

В предлагаемой модели риски учитываются в общей оценке реализуемости $r_i(i=\overline{1,n})$ каждого проекта $P_i(i=\overline{1,n})$. Таким образом, в целях приближения математической модели к реальным экономическим условиям показатели интегральной эффективности i–ого проекта корректируются с учетом оценочного критерия реализуемости проекта r_i. Скорректированная с учетом факторов риска оценка i–ого проекта, позволяет составить рейтинг проектов с учетом соотношения «эффективность-риск».

1. Систематизация оценочных показателей эффективности проектов (P_i) инновационной программы на основе данных бизнес-планов

— коммерческая эффективность – $П_1$;
— бюджетная эффективность – $П_2$;
— общественная эффективность – $П_3$;
— региональная значимость – $П_4$;
— федеральная значимость – $П_5$;

	P_1	P_2	...	P_i	...	P_n
$П_1$	p_{11}			p_{1i}		p_{1n}
$П_2$						
$П_3$						
$П_4$						
$П_5$	p_{51}			p_{5n}		p_{5n}

2. Определение общей потребности в инвестировании всех проектов инновационной программы на основе данных бизнес-планов

$$\sum_{i=1}^{n} F_i$$

3. Привлечение k инвесторов и определение максимального объема средств, которые они готовы вложить в инновационную программу

$$\sum_{k=1}^{m} \Phi_k$$

4. Определение значимости (z_{kg}) каждого показателя эффективности (p_{gi}) для каждого инвестора и формирование матрицы интегральных показателей эффективности (e_{ki})

$$\begin{cases} e_{ki} = \sum_{g=1}^{5} z_{kg} \times p_{gi}, \\ \sum_{g=1}^{5} z_{kg} = 1 \end{cases}$$

5. Учет фактора реализуемости (риска) инновационных проектов при оценке эффективности по данным бизнес-планов

$$O_{ki} = e_{ki} \times r_i$$

6. Определение стоимости привлечения средств k-ого инвестора исходя из риска недополучения требуемой эффективности (r_i) и процентной ставки (R_k)

$$S_{ik} = R_k((1 - r_i) + 1)$$

7. Расчет величины удорожания i-го проекта

8. Построение функции оптимизации Примечание: Оптимальная структура инвестирования программы представляет собой такое распределение долей общей потребности финансирования среди потенциальных инвесторов, которое позволяет минимизировать общую стоимость привлечения средств инвесторов

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^{m} F_i \times y_{ik} = F_i, \\ \sum_{i=1}^{n} F_i \times y_{kj} = \Phi k, \\ \sum_{k}^{m} y_{ik} = 1, \\ \Phi_k \le \Phi_{max}, \\ Q_i = \dfrac{\sum_{i}^{j} F_i \times y_{ik} \times S_{ik} \times T_i}{(1+E)^{T_i}} \\ \sum_{i=1}^{n} Q_i \to \min \end{cases}$$

Рис. 1. Модель процесса принятия решения экономическими агентами-инвесторами
Fig. 1. Model of decision making process by agents-investors

Возможные источники инвестирования, которые могут быть использованы при реализации экономической программы, разбиваются на кластеры инвесторов в зависимости от стоимости (S_k) привлечения их в проект. При этом считаем, что S_k представляет собой минимальную стоимость инвестиционного инструмента из доступных в каждом кластере. Учитывая разные условия финансирования, предлагается выделить следующие укрупненные кластерные группы инвестиционных средств [Савина, Машкова, Тарасова, 2013]. При необходимости в модели может быть выделено большее число кластерных групп.

1. Группа инвестиций $К_1$ – «собственные средства инициатора проекта». Данную группу могут составлять средства предприятий, в том числе материнской или дочерней организации. Средства первой группы характеризуются наименьшей стоимостью привлечения, но и максимальной ограниченностью. Стоимость собственных средств примем равной единице с учетом нулевой капитализации процентов.

2. Группа инвестиций $К_2$ – «бюджетные средства» включают в себя финансы федерального, областного и муниципального уровня финансовой системы. В зависимости от условий финансирования в данную группу могут быть включены государственные инвестиционные фонды. Выделение бюджетных средств на реализацию инновационных проектов реализуется через различные целевые программы государственного поддержки, программы долевого, грантового финансирования. Стоимость привлечения бюджетных средств для инициатора приравнивается к стоимости собственных средств и также составляет единицу, если участие государства в инвестиционной программе осуществляется на условиях софинансирования и является беспроцентным и безвозвратным. В случае привлечения бюджетных средств на других условиях, государство может рассматриваться как инвестор следующей кластерной группы.

3. Группа инвестиций $К_3$ – «средства негосударственных инвестиционных фондов». Как правило, инвестиционные фонды готовы предоставить инвестиционные ресурсы на более выгодных для инициатора условиях, чем банки или частные инвесторы. Это специализированные финансово-кредитные институты, имеющие свои формы и способы финансирования, поэтому они выделены в отдельный кластер и являются более приоритетными для инноватора, чем инвестиции кластерной группы K_4. Средства инвестиционных фондов ограничены в объеме. Кроме того, нередко финансирование из средств инвестиционного фонда ограничивается его конкретной специализацией.

4. Группа инвестиций $К_4$ – в данную группу включены средства частных инвесторов, иностранных инвесторов, кредитных учреждений. Это группа инвесторов, средства которых не ограничены, но они являются наиболее «дорогими» для инициатора проекта и привлекаются в последнюю очередь, если не могут быть использованы средства групп K_1 – K_3. Стоимость заемных средств выражается в процентной ставке.

Алгоритмическая реализация

Реализация алгоритма долевого инвестирования экономической программы в агентной модели экспериментальной экономики опирается на следующие принципы поведения инвесторов [Машкова, 2014]:

1. Принципы поведения инвесторов кластера $К_1$

1.1. При наличии возможности, в первую очередь, в максимальном объеме привлекаются государственные инвестиции или средства инвесторов кластера K_2 .

1.2. При наличии достаточного количества собственных средств и полного покрытия потребности в финансировании из средств кластера K_2 проект финансируется из двух источников и не участвует в дальнейших шагах алгоритма.

1.3. Если потребность в финансировании не покрыта из средств кластеров K_1 и K_2, привлекаются средства инвесторов K_3 .

1.4. Если привлечь K_3 не удается из-за непреодоления пороговой эффективности кластера K_3, привлечь средства инвесторов K_4 .

2. Принципы поведения инвесторов кластера $К_2$

2.1. Если проект относится к группе обеспечивающих выполнение других проектов или обладает значительной общественной эффективностью, федеральной или региональной значимостью, но интегральная эффективность для инвесторов других кластеров не превышает пороговое значение, то он финансируется полностью из средств K_2.

2.2. Если средства не исчерпаны полностью, то остальные проекты финансируются в порядке рейтинга их интегральной эффективности для данной группы инвесторов на условиях долевого софинансирования (потребность покрывается максимум на 50%).

2.3. Если средства инвесторов кластера K_2 .исчерпаны и потребность в финансировании не покрыта, то привлекаются средства инвесторов K_3.

2.4. Если привлечь K_3 не удается, привлечь средства инвесторов K_4 .

3. Принципы поведения инвесторов кластера $К_3$

3.1. До полного истощения средств в соответствии с рейтингом проектов для данной группы инвесторов инвестировать средства в случае превышения порогового значения интегральной эффективности на долевых условиях. Инвесторы группы K_3 могут вложить в проект до 20% в зависимости от критерия реализуемости.

4. Принципы поведения инвесторов кластера K_4

4.1. Инвесторы кластера K_4 могут профинансировать все проекты при наличии гарантий или иных инструментов государственной поддержки, при этом стоимость привлеченных средств будет зависеть от критерия реализуемости проекта.

Заключение

Программная реализация представленного алгоритма позволит определить структуру финансирования экономической программы инвесторами разных кластеров в виде специального блока в агентной модели экспериментальной экономики. Моделирование правил принятия решения в процессе выбора инвестиционных альтернатив дает возможность адекватно отразить вклад всех участников инвестиционного процесса в реализацию экономических программ, максимально приближая поведение программных агентов к поведению реальных экономических агентов. При завершении программной реализации всех блоков агентной модели экспериментальной экономики разработанные механизмы позволят имитировать различные сценарии применения тех или иных мер государственной поддержки и формировать оптимальную структуру финансирования экономических программ.

Список литературы
References

1. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. 2013. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М.: Экономика.

Makarov V.L., Bakhtizin A.R. 2013. Sotsial'noye modelirovaniye – novyy komp'yuternyy proryv (agent-oriyentirovannyye modeli). M.: Ekonomika.

2. Машкова А.Л. 2014. Анализ и моделирование правил принятия решений экономическими агентами в процессе выбора инвестиционных альтернатив В кн.: Состояние и перспективы развития экономики в условиях неопределенности: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа: Аэтерна: 129-133.

Mashkova A.L. 2014. Analiz i modelirovaniye pravil prinyatiya resheniy ekonomicheskimi agentami v protsesse vybora investitsionnykh al'ternativ V kn.: Sostoyaniye i perspektivy razvitiya ekonomiki v usloviyakh neopredelennosti: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa: Aeterna: 129-133.

3. Машкова А.Л., Сарапкина С.В. Оценка адекватности моделирования демографических процессов в вычислительной модели экспериментальной экономики на основе сравнения с ретроспективными данными. Международная научно-практическая интернет-конференция «Информационные системы и технологии-2015». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/421 (дата обращения: 19.05.2015).

Mashkova A.L., Sarapkina S.V. Otsenka adekvatnosti modelirovaniya demograficheskikh protsessov v vychislitel'noy modeli eksperimental'noy ekonomiki na osnove sravneniya s retrospektivnymi dannymi. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferentsiya «Informatsionnyye sistemy i tekhnologii-2015». [Elektronnyy resurs]. - URL: http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/421 (data obrashcheniya: 19.05.2015).

4. Савина (Машкова) А.Л. 2011. Алгоритмические аспекты построения агентной модели миграционных потоков. В кн.: Имитационное моделирование. Теория и практика: Материалы Пятой Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Т.1. С-Пб.: ОАО «ЦТСС»: 260-264.

Savina (Mashkova) A.L 2011. Algorithmic aspects of building an agent based model of migration flows. In the book .: Simulation. Theory and Practice: Proceedings of the Fifth All-Russian scientific-practical conference on simulation and its application in science and industry. V.1. Saint-Petersburg .: JSC «SSTC»: 260-264.

5. Савина О.А., Машкова А.Л. 2015. Агент-ориентированное моделирование политических процессов с учетом ограниченной рациональности избирателей. ИзвестияТулГУ. Экономические и юридические науки. Выпуск 3. Ч. I.: 356-364.

Savina O.A, Mashkova A.L. 2015. Agent-based modeling of political processes, taking into account the limited rationality of voters. IzvestiyaTulGU. Economic and legal science. Issue 3. Part I.: 356-364.

6. Савина О.А., Машкова А.Л., Тарасова Н.Ю. 2013. Оптимизация структуры инвестирования инновационного развития региона как фактор социально-экономической трансформации. Экономические и гуманитарные науки. №11(262): 27-34.

Savina O.A, Mashkova A.L, Tarasova N.Y. 2013. Optimization of structure of investment innovative development of the region as a factor of socio-economic transformation. Economic sciences and humanities. №11 (262): 27-34.

МИРОВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

УДК 339.54

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ТАМОЖЕННОЙ СЛУЖБЫ

THE MAIN DIRECTIONS OF IMPROVING THE ECONOMIC SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION AT THE PRESENT STAGE OF DEVELOPMENT OF THE CUSTOMS SERVICE

Е.Н. Петрушко, В.В. Шкилёв
E.N. Petrushko, V.V. Shkilev

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, Россия, 308015
Belgorod State National Research University, 85, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: petrushko@bsu.edu.ru, shkilev_v@bsu.edu.ru

Аннотация. Среди основных направлений модернизации таможенного дела следует выделить совершенствование таможенных процедур и операций, упрощение таможенных формальностей и дальнейшее развитие информационных технологий и автоматизированных систем управления. В настоящее время в реформировании таможенного дела основное внимание отводится автоматизации и электронному декларированию. Кроме того, остаются нерешенными проблемы, связанные с контролем правильности определения страны происхождения товаров, недостоверным декларированием, занижением таможенной стоимости и др.

Resume. Among the main directions of modernization of customs should highlight the improvement of customs procedures and operations, simplification of customs formalities and further development of information technologies and automated control systems. Currently in reforming the customs, the emphasis is given to automation and electronic Declaration. In addition, there remain unresolved problems associated with the control of correctness of determination of the country of origin of goods, false Declaration, understatement of customs value, etc.

Ключевые слова: единая система таможенных органов, таможенные органы, таможенная служба, экономическая безопасность.

Key words: uniform system of customs bodies, customs authorities, customs service, economic security.

Таможенная служба по праву считается одним из важнейших регуляторов внешнеэкономической деятельности государства, цель которой определяется в защите экономических интересов государства [Черныш, 2014]. Общее руководство таможенным делом в Российской Федерации осуществляет Правительство Российской Федерации.

Федеральным законом от 27 ноября 2010 г. № 311-ФЗ «О таможенном регулировании в Российской Федерации» установлена единая система таможенных органов [глава 2 параграф 1 статьи 9-10]. К структурным компонентам единой системы таможенных органов следует относить «Федеральную таможенную службу, региональные таможенные управления, таможни и таможенные посты». Обращаем внимание, что каждая из подсистем является самостоятельным структурным подразделением или таможенным органом [Макрусев, Пчелинцев, 2013].

Федеральная таможенная служба, являясь федеральным органом исполнительной власти в области таможенного дела, обеспечивает выполнение функций государства по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию, контролю и надзору в области таможенной политики, а также функций агента валютного контроля и специальных функций по борьбе с контрабандой, иными преступлениями и административными правонарушениями [Блохин, 2004]**.** За десять месяцев 2015 года «сумма доходов федерального бюджета, администрируемых таможенными органами, составила 4035,95 млрд. рублей. Оборот внешней торговли Российской Федерации по основным странам и группам за январь-сентябрь 2015 года составил 395676,6 млн. долларов США, в том числе экспорт 261410,4 млн. долларов США и импорт 134266,2 млн. долларов США. В том числе со

странами Европейского союза по основным странам и группам за январь-сентябрь 2015 года составил 180293,0 млн. долларов, в том числе экспорт 129172,3 млн. долларов США и импорт 51120,7 млн. долларов США. В страновой структуре внешней торговли России ведущее место занимает Европейский союз, как крупнейший экономический партнер страны. На долю Европейского союза в январе-сентябре 2015 года приходилось 45,6 процента российского товарооборота, на страны Содружества Независимых Государств – 12,4 процента, на страны Евразийского экономического союза – 7,8 процента, на страны Азиатско-Тихоакеанского сотрудничества – 27,8 процента. Основными торговыми партнерами России в январе-сентябре 2015 года среди стран дальнего зарубежья были: Китай, товарооборот с которым составил 46,8 млрд. долларов США, Германия – 34,2 млрд. долларов США, Нидерланды – 34,2 млрд. долларов США, Италия – 24,2 млрд. долларов США, Турция – 18,1 млрд. долларов США, Япония – 16,2 млрд. долларов США, Соединенные Штаты Америки – 15,9 млрд. долларов США, Республика Корея – 13,3 млрд. долларов США, Польша – 10,5 млрд. долларов США, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии – 8,8 млрд. долларов США.»

Развитие таможенной системы России осуществляется в тесном взаимодействии с процессом внедрением информационных технологий. Активное взаимодействие Федеральной таможенной службы с государственными правоохранительными органами и бизнесом в электронном виде - одно из главных её отличий от иных органов власти. «С начала 2015 года таможенными органами было оформлено 3136837 деклараций на товары, из них 3134295 - в электронной форме, что составляет 99,92 процентов от общего декларационного массива.»

В настоящее время единая система таможенных органов находится в процессе институционального развития, которое начало осуществляться с момента создания Таможенного союза между Российской Федерацией, Республикой Казахстан и Республикой Беларусь, вступления России во Всемирную торговую организацию, и продолжает модернизироваться с функционированием Евразийского экономического союза [часть 1, статьи 1, 8], количественными изменениями структуры и объемов пассажиро- и товаропотоков, интенсивностью внешнеторговой деятельности, ростом потребностей транспортных организаций, экспортеров и импортеров [Сауренко, 2013]. За 9 месяцев 2015 года «оборот внешней торговли России со странами Евразийского зкономического союза составил 30929,7 млн. долларов США, в том числе импорт –10490,8 млн долларов США и экспорт - 20438,8 млн долларов США.»

Переход на высокотехнологичный принцип развития экономики, формирование подходящих условий для осуществления эффективной интеграции в мировое хозяйство, изменение объемов, структуры и форм внешнеторговой деятельности окончательно сформировали предпосылки для совершенствования единой системы таможенных органов и разработки стратегии развития таможенной службы на перспективу. Постепенная реализация основных положений, заложенных в Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 2575-р [часть 4 разделы 1-11], качественно формирует основу для обеспечения интересов государства в таможенной сфере, противодействии угрозам экономической безопасности и создания выгодных условий осуществления внешнеэкономической деятельности. «По предварительным данным таможенной статистики, в январе-октябре 2015 года импорт товаров из стран дальнего зарубежья в стоимостном выражении составил 132840,2 млн. долларов США и по сравнению с аналогичным периодом 2014 года снизился на 37,9 процентов. В октябре 2015 года стоимостной объем импорта товаров из стран дальнего зарубежья составил 14375,1 млн. долларов США и по сравнению с сентябрем 2015 года практически не изменился. При этом импорт продовольственных товаров и сырья для их производства увеличился на 3,1 процента до 1 851,2 млн. долларов США, машиностроительной продукции – на 2,8 процента до 7184,9 млн. долларов США, химической продукции – на 0,4 процента до 2 748,4 млн. долларов США, а импорт текстильных изделий и обуви сократился на 24,4 процента и составил 700,9 млн. долларов США. В группе продовольственных товаров и сырья для их производства увеличился импорт овощей на 67,6 процента, фруктов – на 34,1 процента, алкогольной и безалкогольной продукции – на 19,0 процентов, масла растительного – на 4,3 процента. При этом стоимостной объем ввоза рыбы в октябре 2015 года по сравнению с аналогичным показателем за сентябрь текущего года уменьшился на 19,7 процента, мяса и субпродуктов – на 18,7 процента, сахара – на 18,7 процента, зерновых культур – на 15,6 процента, молочных продуктов – на 8,0 процентов, табака – на 3,2 процента.» Следовательно, Федеральная таможенная служба играет существенную роль в развитии международной экономической интеграции и внешнеторговой деятельности страны.

Дальнейшее совершенствование таможенной деятельности должно обеспечиваться при помощи формирования универсальных инструментов и установления показателей результативности деятельности в зависимости от активно изменяющейся внешней среды и внутренней политики государства.

Среди основных направлений модернизации таможенного дела следует выделить совершенствование таможенных процедур и операций, упрощение таможенных формальностей и дальнейшее развитие информационных технологий и автоматизированных систем управления. В настоящее время в реформировании таможенного дела основное внимание отводится автоматизации и электронному декларированию. Однако, остаются нерешенными проблемы, связанные с контролем

правильности определения страны происхождения товаров, недостоверным декларированием, занижением таможенной стоимости [Скудалова, 2014].

На современном этапе развития единой системы таможенных органов существует множество проблем, решение которых требует незамедлительного разрешения, и это несмотря на то, что законодательство Евразийского экономического союза, Таможенного союза и Российской Федерации предусматривает четкую регламентацию таможенных процедур и операций. Одной из актуальных проблем таможенной деятельности является повышение эффективности таможенного контроля за перемещением грузов через таможенную границу Таможенного союза [Корняков, 2014]. Необходимо отметить, что таможенные органы неоднократно предпринимали попытки создания эффективных механизмов контроля. Только за последние годы принят ряд документов, устраняющих пробелы в действующем законодательстве. Кроме того, успешно завершилась процедура комплектования единой системы таможенных органов кинологической службой и структурными подразделениями, осуществляющими таможенный контроль с использованием инспекционно-досмотровых комплексов. Применение в пунктах пропуска современных технических средств таможенного контроля позволяет осуществлять быстрый и качественный таможенный контроль крупногабаритных грузов, а также выявлять и пресекать контрабанду. В 2014 году «в рамках решения задачи по предупреждению, выявлению, пресечению преступлений и административных правонарушений, в том числе в области защиты прав интеллектуальной собственности, а также обеспечению мер по противодействию легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, году таможенными органами возбуждено 1890 уголовных дел, по подозрению в совершении преступлений задержано 168 лиц. Стоимость выявленных незаконно перемещенных через таможенную границу Таможенного союза либо государственную границу Российской Федерации товаров, в том числе стратегически важных товаров и ресурсов, составила 1,7 млрд. рублей. Сумма неуплаченных таможенных платежей составила 3 млрд. рублей. Не возвращено из-за границы средств в иностранной валюте и валюте Российской Федерации на сумму 40 млрд. рублей. Переведено денежных средств в иностранной валюте или валюте Российской Федерации на счета нерезидентов с использованием подложных документов на сумму 8,7 млрд. рублей, незаконно перемещено через государственную границу Российской Федерации наличных денежных средств и (или) денежных инструментов на сумму 228 млн. рублей. В результате принятых таможенными органами мер по установлению фактических обстоятельств совершения противоправных деяний и изобличению виновных лиц, подозреваемых и обвиняемых в ходе расследования уголовных дел, уплачено в федеральный бюджет таможенных платежей на сумму более 32 млн. рублей. Кроме того, в 2014 году таможенными органами возбуждено 80385 дел об административных правонарушениях, по которым принято 79353 решения».

В условиях происходящих интеграционных процессов таможенные органы способствуют выполнению интересов государства во внешней торговле, реализации политики протекционизма, осуществляют контрдействия угрозам безопасности России, преступлениям и административным правонарушениям, обеспечивают увеличение доходов федерального бюджета, то есть направляют все силы на создание подходящих условий для успешного осуществления и развития внешнеторговой деятельности и снижение затрат участников внешнеэкономической деятельности путем сокращения времени, необходимого для выполнения таможенных формальностей, повышение качества предоставляемых государственных услуг в области таможенного дела. Анализируя показатели деятельности Федеральной таможенной службы за 1 и 2 кварталы, можно утверждать, что отмечается увеличение скорости совершения таможенных операций при ввозе товаров в Российскую Федерацию и вывозе товаров из Российской Федерации, а также сокращение издержек заинтересованных лиц при совершении таможенных операций. Так, «время совершения таможенными органами операций, связанных с осуществлением государственного контроля в автомобильных пунктах пропуска для товаров, подлежащих ветеринарному, фитосанитарному и санитарно-карантинному контролю сократилось с 34,16 минуты до 33,2 минуты, а для иных товаров, по которым не выявлены риски нарушений с 23,88 минуты до 22,2 минуты. Наблюдается сокращение времени, прошедшего с момента завершения таможенной процедуры таможенного транзита товаров, перевозка которых под таможенным контролем осуществляется автомобильным транспортом, от таможенного органа в месте прибытия до внутреннего таможенного органа до момента выпуска товаров в соответствии с таможенной процедурой выпуска для внутреннего потребления с 409,12 минуты до 321,2 минуты. Налицо рост показателя, характеризующего своевременность и полноту поступления таможенных платежей, а именно уровня выполнения прогнозируемого задания по администрируемым таможенными органами доходам в федеральный бюджет, который увеличился с 21,23 процента до 46,9 процента. Кроме того, прослеживается положительная тенденция, связанная с эффективностью противодействия преступлениям и административным правонарушениям. Например, доля товарных партий, подвергнутых таможенному досмотру, в результате которого были выявлены нарушения таможенного законодательства Таможенного союза и законодательства Российской Федерации о таможенном деле либо в результате которого в выпуске товаров было отказано, в общем объеме досматриваемых партий товаров увеличилось с 34,4 процента до 35,1 процента; доля результативных таможенных проверок после выпуска товаров в

общем количестве завершенных таможенных проверок также увеличилась с 80,9 процента до 81,1 процента».

В настоящее время особенно актуальным является вопрос обеспечения национальной безопасности страны и, как следствие того, осуществление эффективных мероприятий, направленных соблюдение требований и противодействие опасностям в сфере экономической безопасности. Механизм совершенствования правоохранительной деятельности таможенных органов выделен среди основных направлений совершенствования таможенной деятельности, поскольку основная опасность экономической безопасности при перемещении грузов через таможенную границу Таможенного союза исходит от субъектов внешнеторговой деятельности, осуществляющих нечестные действия, содержащие признаки контрабанды, преступлений и административных правонарушений, отнесенных к компетенции таможенных органов.

Стратегия развития таможенной службы России до 2020 года определила «ключевые условия и приоритеты совершенствования таможенной системы на долговременную перспективу. Так, стратегическим, оперативным и тактическим ориентиром таможенной службы является обеспечение экономической безопасности в сфере внешнеэкономической деятельности и содействие внешней торговле, а стратегической, оперативной и тактической целями – повышение уровня экономической безопасности, создание благоприятных условий для привлечения инвестиций в российскую экономику, увеличения доходной части федерального бюджета, сохранения и поддержания политики протекционизма, защиты объектов интеллектуальной собственности и наибольшего благоприятствования внешнеторговой деятельности на основе повышения качества и результативности таможенного администрирования. Следовательно, развитие таможенной службы Российской Федерации осуществляется по следующим взаимосвязанным направлениям, соответствующим стратегическим ориентирам и преимуществам таможенной политики:

- совершенствование таможенного регулирования;
- совершенствование таможенного контроля после выпуска товаров;
- совершенствование реализации фискальной функции;
- совершенствование правоохранительной деятельности;
- содействие развитию интеграционных процессов и развитие международного сотрудничества;
- совершенствование системы государственных услуг;
- совершенствование таможенной инфраструктуры;
- совершенствование информационно-технического обеспечения;
- укрепление кадрового потенциала и усиление антикоррупционной деятельности;
- развитие социальной сферы;
- совершенствование организационно-управленческой деятельности».

В связи с вышеизложенным, целесообразно реализовать ряд мер, направленных на:

- упорядочение правовой базы ведения таможенного дела в Российской Федерации «в соответствии с принципами новой Международной конвенции по упрощению и гармонизации таможенных процедур»;
- внедрение новейших информационных технологий совершенствования таможенных операций и таможенного контроля;
- создание межструктурной автоматизированной системы сбора, хранения и обработки данных, используемых при осуществлении видов государственного контроля, в том числе взаимодействие и взаимозависимость баз данных пограничной, налоговой и таможенной служб;
- повышение эффективности таможенного регулирования, предусматривающего создание «условий для привлечения инвестиций в российскую экономику, поступлений доходов в федеральный бюджет, защиты отечественных товаропроизводителей, охраны объектов интеллектуальной собственности, и максимальное содействие внешнеэкономической деятельности»;
- повсеместное внедрение в работу пунктов пропуска различных видов инспекционно-досмотровых комплексов, в том числе стационарных, передвижных и мобильных;
- разветвление сети современных таможенно-логистических терминалов.

Эффективность деятельности таможенной системы по основным направлениям развития определяет необходимость внесения существенных изменений в подходы к совершенствованию организационно-структурной и управленческой деятельности. Успешная реализация установленных мероприятий позволит повысить административно-правовую и экономическую эффективность деятельности единой системы таможенных органов [Алексеева, 2014]. Следовательно, в первоочередном порядке целесообразно использовать возможности таможенных операций, таможенных процедур, «предварительного информирования и электронного декларирования, системы управления рисками, основанной на многофакторном анализе сведений о внешнеторговой сделке и представляющей собой комплексный механизм воздействия на процессы таможенного контроля посредством минимизации рисков, и сформировать единую межведомственную автоматизированную систему сбора, хранения и

обработки информации по осуществлению видов государственного контроля в целях установления системного взаимодействия с налоговой службой и другими контролирующими органами».

Таким образом, среди основных направлений совершенствования экономической безопасности Российской Федерации на современном этапе развития таможенной службы является работа, связанная с решением вопросов повышения уровня развития технологий, позволяющих государственным органам эффективно обеспечивать экономическую безопасность государства и бороться с преступностью.

Список литературы
References

1. Договор о Евразийском экономическом союзе (в ред. от 10.10.2014, с изм. от 08.05.2015) [Текст]: подписан в г. Астане 29 мая 2014 г. Собр. законодательства Рос. Федерации. 2015. № 8. Ст. 1107.

Dogovor o Evraziyskom ekonomicheskom soyuze (v red. ot 10.10.2014, s izm. ot 08.05.2015) [Tekst]: podpisan v g. Astane 29 maya 2014 g. Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federatsii. 2015. № 8. St. 1107.

2. О таможенном регулировании в Российской Федерации [Текст]: федер. закон от 27 ноября 2010 г. № 311-ФЗ (ред. от 13.07.2015). Российская газета. 2010. № 269. 29 ноября.

O tamozhennom regulirovanii v Rossiyskoy Federatsii [Tekst]: feder. zakon ot 27 noyabrya 2010 g. № 311-FZ (red. ot 13.07.2015). Rossiyskaya gazeta. 2010. № 269. 29 noyabrya.

3. Об утверждении Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2020 года [Текст]: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 2575-р (ред. от 15.04.2014). Собр. законодательства Рос. Федерации. 2013. № 2. Ст. 109.

Ob utverzhdenii Strategii razvitiya tamozhennoy sluzhby Rossiyskoy Federatsii do 2020 goda [Tekst]: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 28 dekabrya 2012 g. № 2575-r (red. ot 15.04.2014). Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federatsii. 2013. № 2. St. 109.

4. Алексеева Т.С. 2014. Административно-правовое регулирование деятельности таможенных органов по обеспечению экономической безопасности Российской Федерации. Автореф. дис. ... канд. юр. наук. Саратов, 22.

Alekseeva T.S. 2014. Administrativno-pravovoe regulirovanie dejatel'nosti tamozhennyh organov po obespecheniju jekonomicheskoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii. Avtoref. dis. ... kand. jur. nauk. Saratov, 22. (in Russian).

5. Блохин В.В. 2004. Правовое регулирование деятельности таможенных органов по обеспечению экономической безопасности Российской Федерации. Автореф. дисс. ... канд. юр. наук. М., 23.

Blohin V.V. 2004. Pravovoe regulirovanie dejatel'nosti tamozhennyh organov po obespecheniju jekonomicheskoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii. Avtoref. diss. ... kand. jur. nauk. M., 23. (in Russian).

6. Корняков К.А., Егоров Ю.Н., Яцушко А.Н. 2014. Новые технологии как средство модернизации таможенного контроля. Люберцы, Российская таможенная академия, 166.

Kornyakov K.A., Egorov Yu.N., Yatsushko A.N. 2014. Novye tekhnologii kak sredstvo modernizatsii tamozhennogo kontrolya. Lyubertsy, Rossiyskaya tamozhennaya akademiya, 166. (in Russian).

7. Макрусев В.В., Пчелинцев Н.В. 2013. Управление развитием таможенных органов. Люберцы, Российская таможенная академия, 144.

Makrusev V.V., Pchelintsev N.V. 2013. Upravlenie razvitiem tamozhennykh organov. Lyubertsy, Rossiyskaya tamozhennaya akademiya, 144. (in Russian).

8. Сауренко Т.Н. 2013. Развитие теоретических основ таможенной политики Таможенного союза. Автореф. дисс. ... док. экон. наук. М., 53.

Saurenko T.N. 2013. Razvitie teoreticheskikh osnov tamozhennoy politiki Tamozhennogo soyuza. Avtoref. diss. ... dok. ekon. nauk. M., 53. (in Russian).

9. Скудалова Т.В. 2014. Развитие научно-методических основ таможенного регулирования перемещения товаров физическими лицами через таможенную границу Таможенного союза. Люберцы, Российская таможенная академия, 148.

Skudalova T.V. 2014. Razvitie nauchno-metodicheskikh osnov tamozhennogo regulirovaniya peremeshcheniya tovarov fizicheskimi litsami cherez tamozhennuyu granitsu Tamozhennogo soyuza. Lyubertsy, Rossiyskaya tamozhennaya akademiya, 148. (in Russian).

10. Черныш А.Я. 2014. Разработка основ экономики таможенного дела в интересах обеспечения экономической безопасности государства. Люберцы, Российская таможенная академия, 226.

Chernysh A.Ya. 2014. Razrabotka osnov ekonomiki tamozhennogo dela v interesakh obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti gosudarstva. Lyubertsy, Rossiyskaya tamozhennaya akademiya, 226. (in Russian).

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 621.396.01

ОЦЕНИВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ДИСКРЕТНЫХ ФУНКЦИЙ

DISCRETE FUNCTIONS DERIVATIVES ESTIMATION

Е.Г.Жиляков, А.А.Черноморец, Е.В. Болгова
E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: chernomorets @bsu.edu.ru, zhilyakov @bsu.edu.ru, bolgova _e@bsu.edu.ru

Аннотация. В работе предложен метод оценивания значений производных одномерных и двумерных дискретных функций, оптимальный в смысле величины частей их энергии, соответствующих заданным частотным подобластям.

Resume. The method of estimation of one-dimensional and two-dimensional discrete functions derivatives is given in the paper. This method is optimal in the sense of values of their energy parts corresponding to the given frequency subareas.

Ключевые слова: оценка производной, дискретная функция, частотная подобласть, субполосная матрица
Keywords: derivatives estimation, discrete function, frequency subarea, subband matrix

Решение проблемы оценивания значений производных дискретных функций имеет существенное прикладное значение. Так, в задачах цифровой обработки сигналов проблема вычисления значений производных возникает, например, при решении задач управления. Результаты оценивания производных двумерных дискретных функций находят широкое применение в задачах сегментации, выделения границ объектов на цифровых изображениях, в задачах повышения их резкости и др.

Сложность получения оценок производных обусловлена некорректностью задачи, так как скорость изменения дискретной функции, следовательно, и значение производной, может быть очень значительной. В силу этого классические численные методы вычисления приближенных значений производных, в большинстве случаев, оказываются малопригодными, так как они ориентированы на класс гладких функций.

В настоящее время большинство подходов вычисления приближенных значений производных [1, 2] не позволяют учесть частотные свойства исходных дискретных функций, например, сосредоточенность энергии в отдельной частотной подобласти (интервале).

В данной работе задачу оценивания производных предлагается решать как задачу вычисления приближенных значений производной функции, интерполирующей исходную, при условии сохранения частотных свойств в заданной частотной подобласти V [3]. Основные теоретические положения предлагаемого подхода изложены, используя двумерные представления дискретных функций.

Исходную двумерную дискретную функцию представим в виде матрицы вещественных чисел $U=(um_1,um_2)$, $m_1=1,2,\ldots,M_1$, $m_2=1,2,\ldots,M_2$. Значения интерполирующей дискретной функции $\hat{U}=(\hat{u}\cdot n_1,n_2)$, $n_1=1,2,\ldots,N_1$, $n_2=1,2,\ldots,N_2$, следует вычислять в D_1 и D_2 промежуточных точках между исходными точками вдоль соответствующих осей координат, то есть справедливы следующие соотношения:

$$N_1=D_1(M_1-1)+1,\quad N_2=D_2(M_2-1)+1, \tag{1}$$

при этом интерполирующие равенства имеют вид:

$$\hat{u}_{D_1(m_1-1)+1,D_2(m_2-1)+1}=u_{m_1m_2},\ m_1=1,2,\ldots,M_1,\ m_2=1,2,\ldots,M_2. \tag{2}$$

Отметим, что при решении практических задач дискретные функции являются результатом регистрации с шагом Δ_1 и Δ_2 функций $u(t_1,t_2)$, описывающих реальные явления. В силу физической

природы этих функций они являются положительными и бесконечное число раз дифференцируемыми, следовательно, имеет место следующее представление:

$$u(t_1,t_2)=u_{11}+\int_0^{t_1}\int_0^{t_2} z_{12}(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\,, \tag{3}$$

и для ее начальных значений при $t_1=0$ и $t_2=0$ имеем

$$u(t_1,0)=u_{11}+\int_0^{t_1} z_1(\tau_1)d\tau_1\,,\quad u(0,t_2)=u_{11}+\int_0^{t_2} z_2(\tau_2)d\tau_2 \tag{4}$$

$$0\le t_1\le (M_1-1)\Delta_1\,,\quad 0\le t_2\le (M_2-1)\Delta_2\,,$$

в которых подынтегральные функции имеют смысл производных функции $u(t_1,t_2)$.

Аппроксимация представлений (3), (4) позволяет представить значения интерполирующей функции в следующем виде:

$$\hat{u}_{i_1 i_2}=u_{11}+\sum_{k_1=1}^{i_1-1}\sum_{k_2=1}^{i_2-1}\psi_{k_1k_2}\,, \tag{5}$$

$$i_1=2,3,\ldots,N_1\,,\quad i_2=2,3,\ldots,N_2\,,$$

и для начальных строки и столбца:

$$\hat{u}_{k,1}-u_{11}=\sum_{k_1=1}^{k-1}\varphi_{k_1,1}\,,\quad k=2,3,\ldots,N_1\,, \tag{6}$$

$$\hat{u}_{1,i}-u_{11}=\sum_{k_2=1}^{i-1}\varphi_{1,k_2}\,,\quad i=2,3,\ldots,N_2\,, \tag{7}$$

где значения $\{\psi_{k_1k_2}\}$, $\{\varphi_{k_1,1}\}$, $\{\varphi_{1,k_2}\}$, $k_1=1,2,\ldots,N_1-1$, $k_2=1,2,\ldots,N_2-1$, являются аппроксимациями второй и первой производных соответствующих фрагментов интерполирующей дискретной функции.

При этом интерполяционные равенства принимают соответствующий вид:

$$u_{m_1m_2}-u_{11}=\sum_{k_1=1}^{D_1(m_1-1)}\sum_{k_2=1}^{D_2(m_2-1)}\psi_{k_1k_2}\,, \tag{8}$$

$$m_1=2,3,\ldots,M_1\,,\quad m_2=2,3,\ldots,M_2\,,$$

и для начальных строки и столбца:

$$u_{m_1,1}-u_{11}=\sum_{k_1=1}^{D_1(m_1-1)}\varphi_{k_1,1}\,,\quad m_1=2,3,\ldots,M_1\,, \tag{9}$$

$$u_{1,m_2}-u_{11}=\sum_{k_2=1}^{D_2(m_2-1)}\varphi_{1,k_2}\,,\quad m_2=2,3,\ldots,M_2\,. \tag{10}$$

Следующий шаг заключается в выборе таких аппроксимаций $\{\psi_{k_1,k_2}\}$, $\{\varphi_{1,k_2}\}$ и $\{\varphi_{k_1,1}\}$, $k_1=1,2,\ldots,N_1-1$, $k_2=1,2,\ldots,N_2-1$, соответствующих производных, область ненулевых значений спектров которых [4] не выходили бы за пределы заданной частотной подобласти *V*.

Для простоты рассмотрим сначала одномерный вектор, имея в виду (6) и (9).

Соответствующий вектор $\vec{\varphi}_{\bullet 1}=\{\varphi_{k_1,1}\}$, $k_1=1,2,\ldots,N_1-1$, предлагается представить в виде разложения

$$\vec{\varphi}_{\bullet 1}=\sum_{k=1}^{N_1-1}\alpha_{\bullet k}\vec{q}_k^{\,\Omega_1}\,, \tag{11}$$

по ортонормированному базису, составленному из собственных векторов $\vec{q}_k^{\,\Omega_1}$, $k=1,2,\ldots,N_1-1$, так называемой субполосной матрицы A_{Ω_1} [5, 6], размерности $(N_1-1)\times(N_1-1)$, соответствующей заданной частотной подобласти $V(\tilde{\Omega}_1,\Omega_1)$,

$$V(\tilde{\Omega}_1,\Omega_1)=\{x_1\,|\,x_1\in[-\Omega_1,-\tilde{\Omega}_1[\,\cup[\tilde{\Omega}_1,\Omega_1[\}\,, \tag{12}$$

$$0\le\tilde{\Omega}_1,<\Omega_1<\pi\,.$$

Далее в работе в качестве разложения вектора $\vec{\varphi}_{\bullet 1}=\{\varphi_{k_1,1}\}$, $k_1=1,2,\ldots,N_1-1$, используется следующее представление его компонент

$$\varphi_{k_1,1}=\sum_{k=1}^{N_1-1}\alpha_{\bullet k}q_{k_1k}^{\Omega_1}\,,\ k_1=1,2,\ldots,N_1-1, \tag{13}$$

где $q_{ik}^{\Omega_1}$ – компоненты соответствующих собственных векторов $\vec{q}_k^{\,\Omega_1}$, $k=1,2,\ldots,N_1-1$, субполосной матрицы $A_{\Omega_1}=\{a_{im}^{\Omega_1}\}$, $i,m=1,2,\ldots,N_1-1$, соответствующей подобласти $V(\tilde{\Omega}_1,\Omega_1)$ вида (12).

Аналогичные соотношения можно получить для вектора $\vec{\varphi}_{1\bullet} = \{\varphi_{1,k_2}\}$, $k_2 = 1,2,\ldots,N_2 - 1$, и субполосной матрицы A_{Ω_2}, соответствующей подобласти $V(\tilde{\Omega}_2,\Omega_2)$.

Тогда, соотношениям (13) соответствуют следующие представления

$$\vec{\varphi}_{\bullet 1} = Q_1\vec{\alpha}_1, \quad \vec{\varphi}_{1\bullet} = Q_2\vec{\alpha}_2, \tag{14}$$

где

$$Q_1 = \left(\vec{q}_1^{\,\Omega_1}, \vec{q}_2^{\,\Omega_1}, \ldots, \vec{q}_{N_1-1}^{\,\Omega_1}\right), \quad Q_2 = \left(\vec{q}_1^{\,\Omega_2}, \vec{q}_2^{\,\Omega_2}, \ldots, \vec{q}_{N_2-1}^{\,\Omega_2}\right), \tag{15}$$

Q_1 и Q_2 – матрицы, состоящие из $N_1 - 1$ и $N_2 - 1$ собственных векторов субполосных матриц A_{Ω_1} и A_{Ω_2},

$$\vec{\alpha}_1 = (\alpha_{\bullet 1}, \alpha_{\bullet 2}, \ldots, \alpha_{\bullet N_1-1})^T, \quad \vec{\alpha}_2 = (\alpha_{1\bullet}, \alpha_{2\bullet}, \ldots, \alpha_{N_2-1\bullet})^T.$$

В частности, такие представления предлагается использовать для реализации соотношений (6) и (7), совокупности которых можно придать векторный вид

$$\hat{\vec{u}}_{\bullet 1} - u_{11}\vec{e}_1 = B_1Q_1\vec{\alpha}_1, \quad \hat{\vec{u}}_{1\bullet} - u_{11}\vec{e}_2 = B_2Q_2\vec{\alpha}_2, \tag{16}$$

где

$$\hat{\vec{u}}_{1\bullet} = (\hat{u}_{12}, \hat{u}_{13}, \ldots, \hat{u}_{1N_2})^T, \quad \hat{\vec{u}}_{\bullet 1} = (\hat{u}_{21}, \hat{u}_{31}, \ldots, \hat{u}_{N_1 1})^T,$$

B_1 и B_2 – квадратные нижние треугольные матрицы, содержащие 0 выше главной диагонали и 1 на главной диагонали и ниже ее, размерности которых $(N_1 - 1)\times(N_1 - 1)$ и $(N_2 - 1)\times(N_2 - 1)$ соответственно; $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ – состоящие из единиц векторы, размерности которых $(N_1 - 1)$ и $(N_2 - 1)$ соответственно,

Тогда интерполяционные равенства (9) и (10) можно представить в следующем виде

$$\vec{u}_{\bullet 1} - u_{11}\cdot\vec{\gamma}_1 = \hat{B}_1\vec{\varphi}_{\bullet 1} = \hat{B}_1Q_1\vec{\alpha}_1, \quad \vec{u}_{1\bullet} - u_{11}\cdot\vec{\gamma}_2 = \hat{B}_2\vec{\varphi}_{1\bullet} = \hat{B}_2Q_2\vec{\alpha}_2 \tag{17}$$

где

$$\vec{u}_{1\bullet} = (u_{12}, \ldots, u_{1,M_2})^T; \ \vec{u}_{\bullet 1} = (u_{21}, \ldots, u_{M_1,1})^T,$$

$\vec{\gamma}_1$, $\vec{\gamma}_2$ – векторы, размерностей $(M_1 - 1)$ и $(M_2 - 1)$, состоящие из единиц,

$\hat{B}_1$, $\hat{B}_2$ – матрицы размерностей $(M_1 - 1)\times(N_1 - 1)$ и $(M_2 - 1)\times(N_2 - 1)$ соответственно, состоящие из строк матриц B_1 и B_2 с номерами D_1, $2D_1$, ..., $(M_1 - 1)D_1$ и D_2, $2D_2$, ..., $(M_2 - 1)D_2$ соответственно.

Решим следующую задачу относительно вектора $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$.

Вычисление значений вектора $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$ предлагается осуществлять исходя из условий удовлетворения следующему требованию: вектор $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$ вида (11) при выполнении интерполяционных условий (17) должен обладать максимальной сосредоточенностью [7] энергии в соответствующей частотной подобласти $V(\tilde{\Omega}_1,\Omega_1)$ вида (12), что, учитывая свойства [5, 8] субполосной матрицы A_{Ω_1}, соответствует решению следующей вариационной задачи:

$$\left\|\vec{\varphi}_{\bullet 1}\right\|^2 - \vec{\varphi}_{\bullet 1}^T A_{\Omega_1}\vec{\varphi}_{\bullet 1} \to \min_{\vec{\varphi}_{\bullet 1}}, \ \vec{\varphi}_{\bullet 1} \in R^{N_1-1},$$

$$\vec{u}_{\bullet 1} - u_{11}\cdot\vec{\gamma}_1 = \hat{B}_1\vec{\varphi}_{\bullet 1}.$$

Рассмотрим функционал

$$Z_{\Omega_1}(\vec{\varphi}_{\bullet 1}) = \left\|\vec{\varphi}_{\bullet 1}\right\|^2 - \vec{\varphi}_{\bullet 1}^T A_{\Omega_1}\vec{\varphi}_{\bullet 1}, \tag{18}$$

значение которого равно величине энергии вектора $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$ вне частотной подобласти $V(\tilde{\Omega}_1,\Omega_1)$ вида (12).

В работе доказано следующее утверждение. Функционал $Z_\varphi(\vec{\varphi}_{\bullet 1})$ вида (18) при выполнении интерполяционных условий (17),

$$\hat{B}_1\vec{\varphi}_{\bullet 1} = \vec{u}_{\bullet 1} - u_{11}\cdot\vec{\gamma}_1, \tag{19}$$

принимает минимальное значение

$$Z_{\Omega_1}(\vec{\varphi}_{\bullet 1}^*) = \min_{\vec{\varphi}_{\bullet 1}\in R^{N_1-1}}\left\|\vec{\varphi}_{\bullet 1}\right\|^2 - \vec{\varphi}_{\bullet 1}^T A_{\Omega_1}\vec{\varphi}_{\bullet 1}, \tag{20}$$

при

$$\vec{\varphi}_{\bullet 1}^* = Q_1\begin{pmatrix}\vec{\beta}_1^* \\ \vec{\beta}_2^*\end{pmatrix},$$

$$\vec{\beta}_1^* = (G_1^TG_1)^{-1}G_1^T\vec{u},$$

$$\vec{\beta}_2^* = W_2^{-1} G_2^T (G_2 W_2^{-1} G_2^T)^{-1} (I - G_1 (G_1^T G_1)^{-1} G_1^T) \vec{u},$$

где

$$\vec{u} = \vec{u}_{\bullet 1} - u_{11} \cdot \vec{\gamma}_1,$$

$$G_1 = (\vec{g}_1, \vec{g}_2, \ldots, \vec{g}_J),$$

$$G_2 = (\vec{g}_{J+1}, \vec{g}_{J+2}, \ldots, \vec{g}_{N_1-1}),$$

J – количество собственных чисел субполосной матрицы A_{Ω_1}, близких к единице,

$$\lambda_1^{\Omega_1} \approx \lambda_2^{\Omega_1} \approx \ldots \approx \lambda_J^{\Omega_1} \approx 1,$$

$\vec{g}_k$, $k = 1,2,\ldots,N_1 - 1$, – вектор-столбцы матрицы G,

$$G = \hat{B}_1 Q_1,$$

I – единичная матрица соответствующей размерности,

W_2 – матрица, размерности $(N_1 - 1 - J) \times (N_1 - 1 - J)$,

$$W_2 = I_J - L_J,$$

I_J – единичная матрица соответствующей размерности,

L_J – диагональная матрица, диагональными элементами которой являются собственные числа $\lambda_{J+1}^{\Omega_1}, \lambda_{J+2}^{\Omega_1}, \ldots, \lambda_{N_1-1}^{\Omega_1}$ субполосной матрицы A_{Ω_1}.

В основе доказательства справедливости этого утверждения используются представления [5, 6, 8] энергии вектора и части его энергии, попадающей в заданную частотную подобласть, полученные на основе коэффициентов разложения (11) данного вектора по собственным векторам субполосной матрицы, соответствующей заданной частотной подобласти.

Аналогичным образом, можно представить соотношения для вычисления вектора $\vec{\varphi}_{1\bullet}$, являющегося аппроксимацией первой производной первой строки интерполирующей функции.

Матрица $\Psi = \{\psi_{ik}\}$, $i = 1,2,\ldots,N_1 - 1$, $k = 1,2,\ldots,N_2 - 1$, аппроксимирующая вторые производные интерполирующей функции и удовлетворяющая требованию по аналогии с задачей (19), (20) обладания максимальной сосредоточенностью энергии в соответствующей частотной подобласти при выполнении интерполяционных равенств (8), записанных в матричном виде

$$U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T} = \hat{B}_1 \Psi \hat{B}_2^{\,T},$$

$$U_u = \{u_{ik}\},\ i = 2,\ldots,M_1,\ k = 2,\ldots,M_2,$$

по аналогии с решением оптимизационной задачи (19), (20), может быть представлена в виде блочной матрицы

$$\Psi = Q_1 \begin{pmatrix} \Psi_{11} & \Psi_{12} \\ \Psi_{21} & \Psi_{22} \end{pmatrix} Q_2^{\,T},$$

где

$$\Psi_{11} = (G_1^T G_1)^{-1} G_1^T (U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T})((H_1^T H_1)^{-1} H_1^T)^T,$$

$$\Psi_{12} = (G_1^T G_1)^{-1} G_1^T (U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T})(Z_2^{-1} H_2^T (H_2 Z_2^{-1} H_2^T)^{-1} (I - H_1 (H_1^T H_1)^{-1} H_1^T))^T,$$

$$\Psi_{21} = W_2^{-1} G_2^T (G_2 W_2^{-1} G_2^T)^{-1} (I - G_1 (G_1^T G_1)^{-1} G_1^T)(U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T})((H_1^T H_1)^{-1} H_1^T)^T,$$

$$\Psi_{22} = W_2^{-1} G_2^T (G_2 W_2^{-1} G_2^T)^{-1} (I - G_1 (G_1^T G_1)^{-1} G_1^T)(U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T}) \cdot (Z_2^{-1} H_2^T (H_2 Z_2^{-1} H_2^T)^{-1} (I - H_1 (H_1^T H_1)^{-1} H_1^T))^T,$$

где матрицы H_1, H_2 и Z_2 получают аналогично матрицам G_1, G_2 и W_2.

В работе также показано, что при выборе в разложении (11) только первых $M_1 - 1$ и $M_2 - 1$ собственных векторов соответствующих субполосных матриц и формирования из них матриц Q_1 и Q_2, то матрицы первых производных $U_{der,1}$ столбцов и первых производных $U_{der,2}$ строк дискретной функции U могут быть вычислены на основании следующих соотношений

$$U_{der,1} = \tilde{Q}_1 (\hat{B}_1 \tilde{Q}_1)^{-1} \left(U_u - \vec{\gamma}_1 \vec{u}_{1\bullet}^{\,T}\right),$$

$$U_{der,2} = (U_u - \vec{u}_{\bullet 1} \vec{\gamma}_2^{\,T})(\tilde{Q}_2^{\,T} \hat{B}_2^{\,T})^{-1} \tilde{Q}_2^{\,T},$$

матрица смешанных производных $U_{der,1,2}$ может быть получена на основании соотношения,

$$U_{der,1,2} = \tilde{Q}_1 (\hat{B}_1 \tilde{Q}_1)^{-1} (U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T})(\tilde{Q}_2^{\,T} \hat{B}_2^{\,T})^{-1} \tilde{Q}_2^{\,T}.$$

Матрицы вторых производных по столбцам и строкам исходного изображения могут быть получены на основании матриц первых производных $U_{der,1}$ и $U_{der,2}$ и т.д.

Вычислительные эксперименты показали работоспособность предложенного подхода оценивания производных дискретных функций и возможность проведения более подробного анализа их значений.

Следует отметить, что при вычислении производных, например, при выделении контуров объектов на изображении, целесообразно выбирать частотные подобласти и, следовательно, субполосные матрицы, соответствующие высоким пространственным частотам, чтобы подчеркнуть изменчивость производной при изменении исходного изображения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-47-08052

Список литературы
References

1. Колесников, Е.Г. Введение в численный анализ / Е.Г. Колесников. – М.: Из-во РУДН, 2002.
Kolesnikov, E.G. Vvedenie v chislennyj analiz / E.G. Kolesnikov. – M.: Iz-vo RUDN, 2002.
2. Бахвалов, Н.С.Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.: Бином, 2004.
Bahvalov, N.S.Chislennye metody / N.S. Bahvalov, N.P. Zhidkov, G.M. Kobel'kov. – M.: Binom, 2004.
3. Жиляков, Е.Г. Об эффективности метода оценивания значений долей энергии изображений на основе частотных представлений / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, А.Н. Заливин // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – № 2/52 (563) март-апрель. – 2009. – С. 12-22.
Zhilyakov, E.G. Ob jeffektivnosti metoda ocenivanija znachenij dolej jenergii izobrazhenij na osnove chastotnyh predstavlenij / E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorec, A.N. Zalivin // Izvestija OrelGTU. Informacionnye sistemy i tehnologii. – № 2/52 (563) mart-aprel'. – 2009. – S. 12-22.
4. Черноморец, А.А. Метод анализа распределения энергий изображений по заданным частотным интервалам / А.А. Черноморец, О.Н. Иванов // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2010. – № 19 (90). – Вып. 16/1. – С. 161-166.
Chernomorec, A.A. Metod analiza raspredelenija jenergij izobrazhenij po zadannym chastotnym intervalam / A.A. Chernomorec, O.N. Ivanov // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2010. – № 19 (90). – Vyp. 16/1. – S. 161-166.
5. Жиляков, Е.Г. Вариационные методы анализа сигналов на основе частотных представлений / Е.Г. Жиляков, С.П. Белов, А.А. Черноморец // Вопросы радиоэлектроники, Сер. ЭВТ. – 2010. – Вып. 1. – С. 10-25.
Zhilyakov, E.G. Variacionnye metody analiza signalov na osnove chastotnyh predstavlenij / E.G. Zhilyakov, S.P. Belov, A.A. Chernomorec // Voprosy radiojelektroniki, Ser. JeVT. – 2010. – Vyp. 1. – S. 10-25.
6. Жиляков, Е.Г. О частотном анализе изображений / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2010. – Вып. 1. – С. 94-103.
Zhilyakov, E.G. O chastotnom analize izobrazhenij / E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorec // Voprosy radiojelektroniki. Ser. JeVT. – 2010. – Vyp. 1. – S. 94-103.
7. Черноморец, А.А. О частотной концентрации энергии изображений / А.А. Черноморец, В.А. Голощапова, И.В. Лысенко, Е.В. Болгова // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2011. – № 1 (96). – Вып. 17/1. – С. 146-151.
Chernomorec, A.A. O chastotnoj koncentracii jenergii izobrazhenij / A.A. Chernomorec, V.A. Goloshhapova, I.V. Lysenko, E.V. Bolgova // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2011. – № 1 (96). – Vyp. 17/1. – S. 146-151.
8. Черноморец, А.А. О свойствах собственных векторов субполосных матриц / А.А. Черноморец, Е.И. Прохоренко, В.А. Голощапова // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2009. – № 7 (62). – Вып. 10/1. – С. 122-128.
Chernomorec, A.A. O svojstvah sobstvennyh vektorov subpolosnyh matric / A.A. Chernomorec, E.I. Prohorenko, V.A. Goloshhapova // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2009. – № 7 (62). – Vyp. 10/1. – S. 122-128.

УДК 621.396.9

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В БЕСПРОВОДНОЙ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СЕТИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

MATHEMATICAL MODELING OF INFORMATION FLOWS TRANSMISSION IN MOBILE AD-HOC NETWORK FOR SPECIAL PURPOSE

И.С. Константинов, С.А. Лазарев, К.А. Польщиков
I.S. Konstantinov, S.A. Lazarev, K.A. Polshchikov

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: polshchikov@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье предложена математическая модель передачи информационных потоков в беспроводной самоорганизующейся сети специального назначения. Подобная сеть может быть применена для обеспечения информационного обмена при решении специфических задач, связанных с ликвидацией чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Детально представлена модель формирования пакетов данных. В модели учтено влияние мобильности узлов и внешних деструктивных воздействий. Текущие состояния моделируемого процесса представлены с помощью идентификаторов пакетов и квитанций, связанных с передачей информационных потоков по каналам заданного контура. На основе применения разработанной модели можно получить количественные данные о значениях величин, характеризующих эффективность доставки данных в исследуемой сети.

Resume. In the article a mathematical model of the information transmission flow in a mobile ad-hoc network for special purpose is presented. This network can be used for exchange of information in solving specific problems related to the liquidation of natural or man-made emergencies. Detail a model form of data packets. The models take into account the impact of mobile units and external destructive influences. The current state of the simulated process are represented by a packets and receipts identifiers associated with the transfer of information flows through the channels given circuit. On the basis of application of the developed model can obtain quantitative data on the values of the quantities characterizing the efficiency of data delivery in the test network.

Ключевые слова: беспроводная самоорганизующаяся сеть специального назначения, математическая модель, передача информационных потоков, пакеты данных.
Keywords: mobile ad-hoc network for special purpose, mathematical model, information flows transmission, data packets.

Введение

Для обеспечения связи в условиях интенсивных деструктивных внешних воздействий, характерных, например, для чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера или военных действий, востребованы телекоммуникационные сети, обладающие быстрым развертыванием, высокой живучестью, способностью доставлять информацию при динамически изменяющейся топологии (случайных процессах перемещения, уничтожения, добавления, включения и выключения узлов) [1–3]. Указанными возможностями обладают беспроводные самоорганизующиеся сети (Mobile Ad-Hoc Networks, MANET) [4, 5]. Главная отличительная особенность таких сетей состоит в их децентрализованной изменяемой структуре. Поэтому их именуют «спонтанными», «эпизодическими» сетями, узлы которых соединяются произвольно, хаотично, «на лету» [6]. Основными особенностями построения MANET являются:

1) реализация децентрализованного управления компонентами сети;
2) отсутствие базовых станций (фиксированных узлов);
3) способность каждого узла выполнять функции маршрутизатора.

Благодаря указанным преимуществам технология MANET имеет хорошие перспективы применения для построения беспроводной самоорганизующейся сети специального назначения (БССCН) – телекоммуникационной сети, функционирующей с целью обеспечения информационного обмена при выполнении специфических задач, связанных с ликвидацией чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, военными действиями и т.п. [2, 7].

Передаваемые в исследуемой сети информационные потоки можно условно разделить на два основных вида: трафик реального времени (речь, видео) и потоки данных (управляющие команды и сигналы, сведения об измерениях и наблюдениях, текстовые сообщения, топографические изображения, другая графическая и табличная информация) [2]. Влияние мобильности узлов делает трафик более нестационарным, непредсказуемым, приводит к тому, что в каждом отдельно взятом канале сети наблюдается быстрое изменение интенсивности передаваемых потоков и, соответственно, пропускной способности, доступной для передачи данных. Вследствие воздействия деструктивных фак-

торов БСССН в большей степени, чем другие сети, подвержена канальным перегрузкам, потерям пакетов, разрывам соединений. В таких условиях существенно снижается эффективность доставки информации в сети [8–10]. Необходимость получения технологических решений, обеспечивающих приемлемые характеристики передачи данных в БСССН, требует выполнения соответствующих научных исследований. Для проведения корректных исследований в области функционирования различных автоматизированных информационных систем успешно применяется моделирование [11-14]. В связи с этим разработка математической модели циркулирующих в БСССН информационных потоков представляется актуальной научно-технической задачей, результаты решения которой будут востребованы в процессе создания новых технологий, ориентированных на повышение эффективности доставки данных в исследуемой сети.

Постановка задачи

Пусть узлом-отправителем осуществляется передача потока данных, адресованного узлу-получателю. Этот поток данных в [2] именуется управляемым потоком (controlled flow, CF). Для передачи пакетов указанного потока (CF-пакетов) заранее выбран маршрут – последовательность каналов, ведущая от узла-отправителя к узлу-получателю. Будем считать, что в этот маршрут входят каналы с номерами от 1 до (N-1). Для передачи подтверждений успешной доставки CF-пакетов, т. е. CF-квитанций, определен маршрут, являющийся последовательностью каналов, проходящих от узла-получателя к узлу-отправителю. Данный маршрут включает каналы с номерами от N до (N+M). Совокупность двух указанных выше маршрутов, используемых для передачи CF-пакетов и CF-квитанций, является CF-контуром [2].

Кроме передачи управляемого потока, каналы CF-контура могут быть использованы для передачи других (конкурирующих) потоков реального времени и потоков данных. Потоки данных и реального времени, которые передавались бы по тем или иным каналам CF-контура, если бы сеть имела фиксированную топологию, назовем основными потоками. Каждый основной поток реального времени имеет порядковый номер l ($l = 1, 2, \ldots, L$), а каждый основной поток данных имеет порядковый номер g ($g = 1, 2, \ldots, G$). Задана величина $\overline{r}_{base}^{start}$ – среднее время между моментами начала поступления пакетов основных потоков реального времени для передачи по каналу CF-контура, а также известна величина $\overline{d}_{base}^{start}$ – среднее время между моментами начала поступления пакетов основных потоков данных для передачи по каналу CF-контура. Кроме того, заданы матрицы $\left[a_{kl}^{real}\right]$ и $\left[a_{kl}^{data}\right]$, предписывающие передачу основных потоков реального времени и данных по каналам CF-контура. Элементы этих матриц могут принимать следующие значения: $a_{kl}^{real} = 1$, если канал номер k требуется для передачи основного потока реального времени номер l; $a_{kl}^{real} = 0$, если канал номер k не требуется для передачи основного потока реального времени номер l; $a_{kg}^{data} = 1$, если канал номер k требуется для передачи основного потока реального времени номер g; $a_{kg}^{data} = 0$, если канал номер k не требуется для передачи основного потока реального времени номер g. Из-за динамичной топологии тот или иной основной поток в БСССН может не передаваться по каналам CF-контура, даже если соответствующие элементы матриц $\left[a_{kl}^{real}\right]$ и $\left[a_{kl}^{data}\right]$ равны 1. Известны следующие величины: P_{base}^{real} – вероятность передачи основного потока реального времени по каналам CF-контура в условиях динамичной топологии, P_{base}^{data} – вероятность передачи основного потока данных по каналам CF-контура в условиях динамичной топологии.

Вследствие динамичности топологии БСССН по каналам CF-контура, кроме основных потоков, могут передаваться дополнительные потоки данных и реального времени. Возможность передачи дополнительных потоков по каналам CF-контура в условиях фиксированной топологии была бы исключена. Каждый дополнительный поток реального времени имеет порядковый номер j ($j = 1, 2, \ldots, J$), каждому дополнительному потоку данных присвоен порядковый номер h ($h = 1, 2, \ldots, H$). Задана величина $\overline{r}_{add}^{start}$ – среднее время между моментами начала поступления пакетов дополнительных потоков реального времени для передачи по каналу CF-контура, а также известна величина $\overline{d}_{add}^{start}$ – среднее время между моментами начала поступления пакетов дополнительных потоков данных для передачи по каналу CF-контура. Заданы матрицы $\left[b_{kj}^{real}\right]$ и $\left[b_{kh}^{data}\right]$, предписывающие поступление дополнительных потоков реального времени и данных для передачи по каналу CF-контура. Элементы этих матриц могут принимать следующие значения: $b_{kj}^{real} = 1$, если канал номер k востребован для передачи дополнительного потока реального времени номер j; $b_{kj}^{real} = 0$, если канал номер k не востребован

для передачи дополнительного потока реального времени номер j; $b_{kh}^{data}=1$, если канал номер k востребован для передачи дополнительного потока реального времени номер h; $b_{kh}^{data}=0$, если канал номер k не востребован для передачи дополнительного потока реального времени номер h.

По причине возможных перемещений, уничтожений, добавлений, включений и выключений узлов передача тех или иных основных и дополнительных потоков по каналу CF-контура может быть преждевременно прекращена. Известны следующие величины: $\bar{r}^{p.cont}$ – среднее время между началом и преждевременным прекращением поступления пакетов потока реального времени для передачи по каналу CF-контура, и $\bar{d}^{p.cont}$ – среднее время между началом и преждевременным прекращением поступления пакетов потока данных для передачи по каналу CF-контура.

Кроме того, заданы следующие величины: $\bar{r}^{cont}$ – средняя длительность поступления пакетов потока реального времени для передачи по каналу CF-контура; $\bar{d}^{cont}$ – средняя длительность поступления пакетов потока данных для передачи по каналу CF-контура; $\tau^{CF}(t)$ – текущий интервал времени между моментами формирования CF-пакетов для отправки по каналу 1; $\xi_i(t)$ – текущий тайм-аут повторной передачи, установленный при отправке по каналу 1 CF-пакета номер i; L_i – битовая длина CF-пакета номер i; L^{β} – средняя битовая длина пакета данных (пакета реального времени); c_k – пропускная способность канала k; p_k – вероятность возникновения битовой ошибки в канале k; Q – максимальное количество пакетов, которые могут быть буферизованы для ожидания передачи по каналу сети; $\lambda_l^{r.base}$ – интенсивность поступления пакетов основного потока реального времени номер l для передачи по каналу сети; $\lambda_j^{r.add}$ – интенсивность поступления пакетов дополнительного потока реального времени номер j для передачи по каналу сети; $\lambda_g^{d.base}$ – интенсивность поступления пакетов основного потока данных номер g для передачи по каналу сети; $\lambda_h^{d.add}$ – интенсивность поступления пакетов дополнительного потока данных номер h для передачи по каналу сети.

Известно, что пакеты реального времени требуется передавать с минимальными задержками, поэтому эти пакеты по каналам CF-контура должны отправляться в первую очередь.

Используя представленные выше исходные данные, требуется разработать математическую модель передачи потоков информации по каналам CF-контура, на основе применения которой можно было бы определить значения следующих величин: $W(t)$ – текущей длительности ожидания CF-квитанции узлом-отправителем; Z – количества избыточных повторных передач CF-пакетов; $I_k^{\nu}(t)$ – количества CF-пакетов и других пакетов данных, поступивших для передачи по каналу k в течение последних ν тактов; $\rho_k^{\nu}(t)$ – количества CF-пакетов, претендовавших на передачу по каналу k и отброшенных в течение последних ν тактов; $\gamma_k(t)$ – текущей задержки CF-пакетов в очереди канала k; $q_k(t)$ – текущего количество CF-пакетов и других пакетов данных в очереди канала k; $E(t)$ – текущей пропускной способности CF-контура, доступной для передачи CF-потока; T^{CF} – длительности передачи CF-потока.

Декомпозиция задачи

Сложность сформулированной выше задачи обуславливает необходимость ее декомпозиции. Передача информационных потоков по каналам CF-контура включает следующие процессы:

1) формирование CF-пакетов в узле-отправителе;
2) формирование CF-квитанций в узле-получателе;
3) поступление пакетов реального времени для передачи по каналам CF-контура;
4) поступление пакетов данных для передачи по каналам CF-контура;
5) поступление CF-пакетов (CF-квитанций) для передачи по каналам CF-контура;
6) передачу пакетов реального времени, пакетов данных и CF-пакетов (CF-квитанций) по каналам CF-контура;
7) буферизацию пакетов реального времени, поступивших для передачи по каналам CF-контура;
8) буферизацию пакетов данных и CF-пакетов (CF-квитанций), поступивших для передачи по каналам CF-контура;
9) отбрасывание пакетов реального времени, пакетов данных и CF-пакетов (CF-квитанций), претендовавших на передачу по каналам CF-контура;
10) прием CF-пакетов узлом-получателем и CF-квитанций узлом-отправителем.

Текущие состояния указанных процессов можно представить с помощью идентификаторов пакетов (квитанций), связанных с передачей информационных потоков по каналам CF-контура. Идентификаторы пакетов могут принимать значения i, β или 0. В качестве идентификаторов CF-пакетов будем использовать числа $i = 1, 2, \ldots, I$ – порядковые номера этих пакетов в рамках моделируемого CF-потока. Идентификаторы CF-квитанций должны при этом совпадать с номерами соответствующих CF-пакетов. Кроме того, будем считать, что идентификаторы других пакетов данных и реального времени равны числу $0 < \beta < 1$. В таком случае есть возможность моделировать перемещение каждого CF-пакета или каждой CF-квитанций и отличать их от других пакетов, конкурирующих с ними за передачу по каналам CF-контура. Значение идентификатора пакета, равное 0, указывает на то, что в текущем такте отсутствует пакет, связанный с моделируемым состоянием соответствующего процесса.

Схемы идентификаторов пакетов (квитанций), связанных с передачей информационных потоков по каналам 1, k и N, изображены соответственно на рис. 1–3.

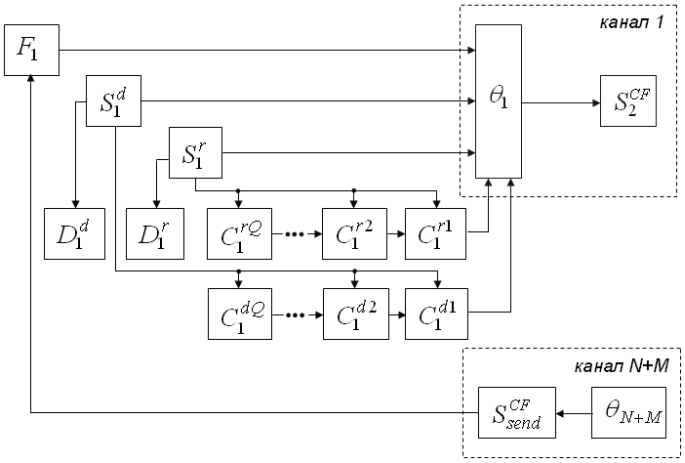


Рис. 1. Схема идентификаторов пакетов (квитанций), связанных с передачей по каналу 1
Fig. 1. Scheme PIDs (receipts) associated with the transmission channel 1

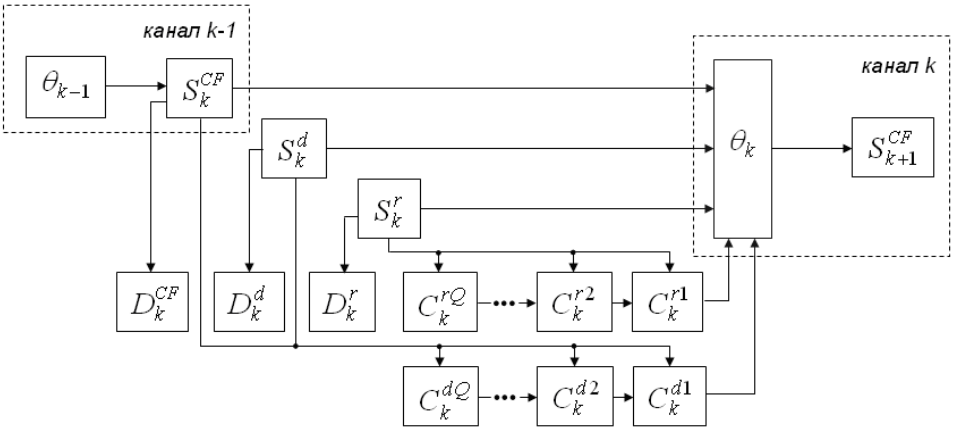


Рис. 2. Схема идентификаторов пакетов (квитанций), связанных с передачей по каналу k
Fig. 2. Scheme PIDs (receipts) associated with the transmission channel k

На представленных выше схемах использованы следующие обозначения: F_1 – номера CF-пакетов, сформированных в узле-отправителе для передачи по каналу 1; F_N – номера CF-квитанций, сформированных в узле-получателе для передачи по каналу N; S_k^{CF} – номера CF-пакетов (CF-квитанций), поступивших для передачи по каналу k; S_k^d – идентификаторы пакетов данных, поступивших для передачи по каналу k; S_k^r – идентификаторы пакетов реального времени, поступивших для передачи по каналу k; θ_k – идентификаторы пакетов (квитанций), передаваемых по каналу k; C_k^{rq} – идентификаторы пакетов реального времени, буферизованных в ячейках q ($q = 1, 2, \ldots, Q$) для

передачи по каналу k; C_k^{dq} – идентификаторы пакетов данных, буферизованных в ячейках q для передачи по каналу k; D_k^{CF} – номера отброшенных CF-пакетов (CF-квитанций) из числа претендовавших на передачу по каналу k; D_k^d – идентификаторы отброшенных пакетов данных из числа претендовавших на передачу по каналу k; D_k^r – идентификаторы отброшенных пакетов реального времени, из числа претендовавших на передачу по каналу k; S_{rec}^{CF} – номера CF-пакетов, принятых узлом-получателем; S_{send}^{CF} – номера CF-квитанций, принятых узлом-отправителем.

Стрелками на рис. 1–3 указаны непосредственные связи между значениями идентификаторов тех или иных пакетов (квитанций). Например, стрелки на рис. 3, исходящие из элемента S_N^d, указывают на то, что пакет данных, поступивший для передачи по каналу N, в следующем такте моделирования в зависимости от сложившейся ситуации может, во-первых, передаваться по этому каналу, во-вторых, занять свободную ячейку в буфере ожидания, и, в-третьих, может быть отброшен.

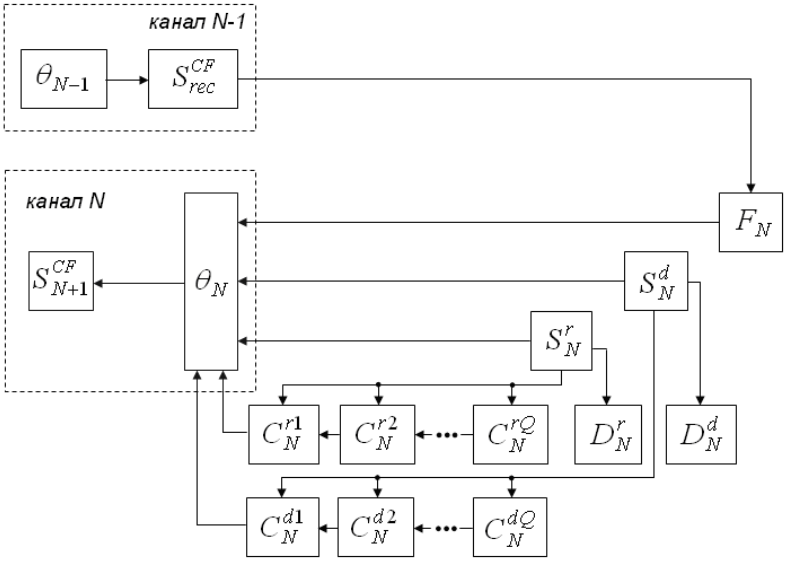


Рис. 3. Схема идентификаторов пакетов (квитанций), связанных с передачей по каналу N
Fig. 3. Scheme PIDs (receipts) associated with the transmission channel N

Таким образом, задача, состоящая в разработке математической модели передачи информационных потоков по каналам CF-контура, сводится к созданию следующих частных моделей:

1) модели формирования CF-пакетов;
2) модели поступления пакетов реального времени для передачи по каналам CF-контура;
3) модели поступления пакетов данных для передачи по каналам CF-контура;
4) модели поступления CF-пакетов и CF-квитанций для передачи по каналам CF-контура;
5) моделей приема CF-квитанций узлом-отправителем и CF-пакетов узлом-получателем;
6) модели формирования CF-квитанций;
7) моделей передачи пакетов и квитанций по каналам CF-контура;
8) моделей буферизации пакетов и квитанций;
9) моделей отбрасывания пакетов и квитанций.

В качестве примера решения одной из частных задач ниже представлена модель формирования CF-пакетов.

Модель формирования CF-пакетов

При определении номера CF-пакета, сформированного в текущем такте для отправки по каналу 1, требуется учитывать выполнение следующих условий:

1) если в текущем такте наступило время формирования CF-пакета для отправки по каналу 1, то его номер должен быть на единицу больше номера предыдущего сформированного CF-пакета;

2) если сформированный в предыдущем такте CF-пакет не мог быть отправлен по причине занятости канала, то это же CF-пакет должен быть готов к отправке и в текущем такте;

В случае невыполнения указанных выше условий в текущем такте не требуется наличие готового к отправке CF-пакета.

В соответствии с изложенными выше рассуждениями номер CF-пакета, сформированного в текущем такте для передачи по каналу 1, вычисляется по формуле:

$$F_1(t)=\begin{cases} F^{last}(t-1)+1, & \vartheta^{CF}(t-1)+\tau^{CF}(t-1)=t; \\ F_1(t-1), & \vartheta^{CF}(t-1)+\tau^{CF}(t-1)\neq t \ \ и \ \ \theta_1(t-1)>0; \\ 0, & \vartheta^{CF}(t-1)+\tau^{CF}(t-1)\neq t \ \ и \ \ \theta_1(t-1)=0, \end{cases} \quad (1)$$

где $F^{last}(t)$ – номер предыдущего CF-пакета, сформированного для отправки по каналу 1;

$\vartheta^{CF}(t)$ – момент формирования предыдущего CF-пакета для передачи по каналу 1;

Величина $F^{last}(t)$ должна быть на единицу меньше номера CF-пакета, который требуется передать повторно. Если в текущем такте не требуется повторная передача CF-пакета, то значение $F^{last}(t)$ будет зависеть от того, был ли сформирован CF-пакет в предыдущем такте. При выполнении указанного условия значение $F^{last}(t)$ становится равным номеру CF-пакета, сформированного в предыдущем такте. В противном случае значение величины $F^{last}(t)$ сохраняется таким же, как и в предыдущем такте.

С учетом приведенных выше рассуждений выражение для определения величины $F^{last}(t)$ имеет следующий вид:

$$F^{last}(t)=\begin{cases} i-1, & \exists i:\omega_i(t-1)+\xi_i(t-1)=t; \\ F_1(t-1), & \forall i:\omega_i(t-1)+\xi_i(t-1)\neq t \ \ и \ \ F_1(t-1)>0; \\ F^{last}(t-1), & \forall i:\omega_i(t-1)+\xi_i(t-1)\neq t \ \ и \ \ F_1(t-1)=0; \end{cases} \quad (2)$$

где $\omega_i(t)$ – момент формирования CF-пакета номер i для отправки по каналу 1.

Величина $\vartheta^{CF}(t)$ находится по формуле:

$$\vartheta^{CF}(t)=\begin{cases} t-1, & F_1(t-1)>0; \\ \vartheta^{CF}(t-1), & F_1(t-1)=0; \end{cases} \quad (3)$$

При определении величины $\omega_i(t)$ следует учитывать выполнение приведенных ниже условий. Если в предыдущем такте отправитель получил квитанцию на CF-пакет номер i, то величина $\omega_i(t)$ принимает такое большое значение, при котором в течение времени моделирования $0<t<T_{\max}$ становится невозможным выполнение равенства $\omega_i(t-1)+\xi_i(t-1)=t$, т.е. в дальнейшем исключается срабатывание таймера повторной передачи на CF-пакет номер i. Таким же большим должны быть значения $\omega_i(t)$ для каждого i в начальный момент времени $t=0$, чтобы исключить срабатывание таймера повторной передачи на те CF-пакеты, которые не были отправлены. Если CF-пакет был сформирован для отправки по каналу 1 в предыдущем такте, то $\omega_i(t)=t-1$. В противном случае значение величины $\omega_i(t)$ остается таким же, как и в предыдущем такте.

На основе изложенных выше рассуждений для получения значения момента формирования CF-пакета номер i для отправки по каналу 1 можно использовать следующее выражение:

$$\omega_i(t)=\begin{cases} T_{\max}, & S_1^{CF}(t-1)=i; \\ t-1, & S_1^{CF}(t-1)\neq i \ \ и \ \ F_1(t-1)=i; \\ \omega_i(t-1), & S_1^{CF}(t-1)\neq i \ \ и \ \ F_1(t-1)\neq i. \end{cases} \quad (4)$$

Необходимо отметить, что формулы (1)–(4) корректны на интервале моделирования $0<t<T_{\max}$ при следующих начальных условиях: $F_1(0)=1$, $F^{last}(0)=1$, $\theta_1(0)=0$, $\vartheta^{CF}(0)=0$, $S_1^{CF}(0)=0$, $\omega_1(0)=0$ и $\forall i>1:\omega_i(0)=T_{\max}$.

Разработанная модель формирования CF-пакетов и другие вышеуказанные частные модели могут быть использованы для расчета характеристик передачи информационных потоков в БСССН, осуществляемого с помощью представленных ниже выражений.

Расчет характеристик передачи информационных потоков

Значение текущей длительности ожидания CF-квитанции узлом-отправителем можно определить с помощью выражения:

$$W(t)=\begin{cases} t-\varepsilon_1^i(t-1), & S_1^{CF}(t-1)=i \ \ и \ \ r_i(t-1)=0; \\ W(t-1), & S_1^{CF}(t-1)=0 \ \ или \ \ \left[S_1^{CF}(t-1)=i \ \ и \ \ r_i(t-1)=1\right], \end{cases}$$

где $r_i(t-1)$ – величина, которая показывает, осуществлялась ли повторная передача CF-пакета номер i до такта $(t-1)$. Выполнение равенства $r_i(t)=0$ свидетельствует о том, что до текущего такта повторной передачи CF-пакета номер i не было.

Значение $r_i(t)$ можно вычислить по формуле:

$$r_i(t)=\begin{cases}1, & \varepsilon_1^i(t-1)+\xi_i(t-1)=t;\\ r_i(t-1), & \varepsilon_1^i(t-1)+\xi_i(t-1)\neq t.\end{cases}$$

В начальный момент времени $r_i(0)=0$.

Для определения количества избыточных повторных передач, выполненных в процессе доставки CF-сообщения, можно применить следующее выражение:

$$Z=\sum_{i=1}^{i_{\max}} Z_i(T_{\max})-i_{\max},$$

где $Z_i(T_{\max})$ – количество пакетов номер i, отправленных источником в течение всего времени моделирования $T_{\max}$.

Величину $Z_i(T_{\max})$ можно вычислить по формуле:

$$Z_i(T_{\max})=\sum_{i=0}^{T_{\max}} Z_i(t),$$

где $Z_i(t)$ – количество пакетов номер i, отправленных источником на момент такта t.

Для определения величины $Z_i(t)$ следует использовать выражение:

$$Z_i(t)=\begin{cases}Z_i(t-1)+1, & S_1^{CF}(t-1)=i;\\ Z_i(t-1), & S_1^{CF}(t-1)\neq i.\end{cases}$$

В начальный момент $Z_i(0)=0$.

Вычислить количество CF-пакетов и пакетов данных, поступивших в течение последних ν тактов для передачи по каналу k, можно с помощью выражения:

$$I_k^{\nu}(t)=\sum_{x=1}^{\nu} I_k(t-x),$$

где $I_k(t-x)$ – количество пакетов данных, поступивших в такте ($t-x$) для передачи по каналу k.

Для определения величины $I_k(t-x)$ следует использовать выражение:

$$I_k(t-x)=\begin{cases}2, & S_k^{CF}(t-x)>0 \ \text{и}\ S_k^{d}(t-x)>0;\\ 1, & \left[S_k^{CF}(t-x)>0 \ \text{и}\ S_k^{d}(t-x)=0\right] \text{или} \ \left[S_k^{CF}(t-x)=0 \ \text{и}\ S_k^{d}(t-x)>0\right];\\ 0, & S_k^{CF}(t-x)=0 \ \text{и}\ S_k^{d}(t-x)=0.\end{cases}$$

Текущее значение количества CF-пакетов, претендовавших на передачу по каналу k и отброшенных в течение последних ν тактов, можно вычислить с помощью выражения:

$$\rho_k^{\nu}(t)=\sum_{x=1}^{\nu}\rho_k(t-x),$$

где $\rho_k(t-x)$ – количество CF-пакетов, поступивших для передачи по каналу k и отброшенных в такте ($t-x$).

Для определения величины $\rho_k(t-x)$ следует использовать выражение:

$$\rho_k(t-x)=\begin{cases}1, & D_k^{CF}(t-x)>0;\\ 0, & D_k^{CF}(t-x)=0.\end{cases}$$

Значение текущей задержки CF-пакетов в очереди канала k можно вычислить по формуле:

$$\gamma_k(t)=\begin{cases}A, & S_k^{CF}(t-2-A)=\theta_k(t-1)>\beta;\\ \gamma_k(t-1), & \theta_k(t-1)\leq\beta,\end{cases}$$

где $A=0,1,\ldots,A_{\max}$. Значение $A_{\max}$ соответствует максимальной задержке CF-пакетов в очереди канала k.

В начальный момент времени $\gamma_k(0)=0$.

Текущее количество CF-пакетов и пакетов данных в очереди канала k может быть вычислено с помощью выражения:

$$q_k(t)=\begin{cases}0, & C_k^{d1}(t-1)=0;\\ B, & \exists B\in\left[\overline{1,\ Q-1}\right]: C_k^{dB}(t-1)>0\ \ u\ \ C_k^{d(B+1)}(t-1)=0;\\ Q, & C_k^{dQ}(t-1)>0.\end{cases}$$

Текущее значение пропускной способности CF-контура, доступной для передачи CF-потока можно определить по формуле:

$$E(t)=\min\{\mathrm{E}_k(t)\},$$

где $E_k(t)$ – текущее значение пропускной способности канала k, доступной для передачи CF-потока.

Для определения величины $E_k(t)$ следует использовать выражение:

$$E_k(t)=\begin{cases}0, & U_k(t)\ge c_k;\\ c_k-U_k(t), & U_k(t)<c_k.\end{cases}$$

Текущую длительность передачи CF-потока можно определить по формуле:

$$T^{CF}(t)=\begin{cases}t-1, & S_{send}^{CF}(t-1)>0;\\ T^{CF}(t-1), & S_{send}^{CF}(t-1)=0.\end{cases}$$

Величина T^{CF}, т.е. время передачи CF-потока, может быть найдена как значение длительности передачи этого потока в момент окончания моделирования (при $t=T_{\max}$).

Заключение

Таким образом, разработана математическая модель передачи информационных потоков по каналам БСССН, в которой учтена специфика функционирования этой сети: мобильность узлов и влияние внешних деструктивных воздействий. Текущие состояния моделируемого процесса представлены с помощью идентификаторов пакетов и квитанций, связанных с передачей информационных потоков по каналам заданного контура. На основе применения разработанной модели можно получить количественные данные о значениях величин, характеризующих эффективность доставки данных в БСССН. Дальнейшие исследования следует посвятить созданию программных средств, позволяющих использовать полученные аналитические выражения для проведения соответствующих вычислительных экспериментов.

Список литературы
References

1. Романюк В. А. Мобильные радиосети – перспективы беспроводных технологий // Сети и телекоммуникации. – 2001. – № 12. – С. 62–68.

Romanjuk V.A. Mobil'nye radioseti – perspektivy besprovodnyh tehnologij // Seti i telekommunikacii. – 2001. – № 12. – S. 62–68.

2. Константинов И. С., Польщиков К. А., Лазарев С. А. Имитационная модель передачи информационных потоков в мобильной радиосети специального назначения // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. –. – 2015. – № 13 (210). – Вып. 35(1). – С. 156–163.

Konstantinov I. S., Pol'shhikov K. A., Lazarev S. A. Imitacionnaja model' peredachi informacionnyh potokov v mobil'noj radioseti special'nogo naznachenija // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. – 2015. – № 13 (210). – Vyp. 35(1). – S. 156–163.

3. Польщиков К. А. Проблемные вопросы доставки данных в мобильной радиосети специального назначения // Электросвязь. – 2015. – № 7. – С. 26–29.

Pol'shhikov K. A. Problemnye voprosy dostavki dannyh v mobil'noj radioseti special'nogo naznachenija // Jelektrosvjaz'. – 2015. – № 7. – S. 26–29.

4. Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I. Mobile Ad Hoc Networking. — IEEE Press, 2004. — 461 p.

Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I. Mobile Ad Hoc Networking. — IEEE Press, 2004. — 461 p.

5. Осипов Е. А. Проблема реализации надежной передачи данных в самоорганизующихся и сенсорных сетях // Электросвязь. – 2006. – № 6. – С. 29–33.

Osipov E. A. Problema realizacii nadezhnoj peredachi dannyh v samoorganizujushhihsja i sensornyh setjah // Jelektrosvjaz'. – 2006. – № 6. – S. 29–33.

6. Нейман В. И. Развитие теории беспроводного доступа // Электросвязь. — 2011. — № 7. — С. 12–15.

Nejman V. I. Razvitie teorii besprovodnogo dostupa // Jelektrosvjaz'. — 2011. — № 7. — S. 12–15.

7. Penders J., Alboul L, Witcowski U. et al. A robot swarm assisting a human fire-fighter // Advanced Robotics, vol. 25, issue 1-2, 2011, pp. 93-117.

Penders J., Alboul L, Witcowski U. et al. A robot swarm assisting a human fire-fighter // Advanced Robotics, vol. 25, issue 1-2, 2011, pp. 93-117.

8. Польщиков К. А. Анализ применимости методов обеспечения QoS для повышения производительности мобильной радиосети специального назначения // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. –. – 2015. – № 1 (198). – Вып. 33(1). – С. 148–157.

Pol'shhikov K. A. Analiz primenimosti metodov obespechenija QoS dlja povyshenija proizvoditel'nosti mobil'noj radioseti special'nogo naznachenija // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. – 2015. – № 1 (198). – Vyp. 33(1). – S. 148–157.

9. Polshchykov K. O. Synthesis of neuro-fuzzy systems of data flows intensity control in mobile ad-hoc network // Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 23rd International Crimean Conference. – Sevastopol, 2013. – Pages 517–518.

Polshchykov K. O. Synthesis of neuro-fuzzy systems of data flows intensity control in mobile ad-hoc network // Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 23rd International Crimean Conference. – Sevastopol, 2013. – Pages 517–518.

10.Польщиков К. А. Об управлении интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети специального назначения // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014. – № 21 (192). – Вып. 32(1). – С. 196–201.

Pol'shhikov K. A. Ob upravlenii intensivnost'ju potokov dannyh v mobil'noj radioseti special'nogo naznachenija // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2014. – № 21 (192). – Vyp. 32(1). – S. 196–201.

11. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Chashchin Y.G. Simulation of the Software-Defined Network for a High-Performance Computing Cluster // Research Journal of Applied Sciences. – 2014. – Vol. 9. – Pages 704–706.

Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Chashchin Y.G. Simulation of the Software-Defined Network for a High-Performance Computing Cluster // Research Journal of Applied Sciences. – 2014. – Vol. 9. – Pages 704–706.

12. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Ivashchuk O.A., Fedorov V.I. Research in the Field of Automated Environmental Safety Control for Industrial and Regional Clusters // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Vol. 9. – Pages 16813–16820.

Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Ivashchuk O.A., Fedorov V.I. Research in the Field of Automated Environmental Safety Control for Industrial and Regional Clusters // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Vol. 9. – Pages 16813–16820.

13. Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Ivashchuk O.A., Rubtsov K.A. Multifactor Model of Technological Hazards Prediction // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Vol. 4. – Pages 16795–16801.

Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Ivashchuk O.A., Rubtsov K.A. Multifactor Model of Technological Hazards Prediction // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Vol. 4. – Pages 16795–16801.

14. Польщиков К. А. Оценка вероятностно-временных характеристик доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014. – № 7 (204). – Вып. 34(1). – С. 183–187.

Pol'shhikov K. A. Ocenka verojatnostno-vremennyh harakteristik dostavki dannyh v besprovodnoj samoorganizujushhejsja seti // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2014. – № 7 (204). – Vyp. 34(1). – S. 183–187.

15. Польщиков К. А. Система прогнозирования загрузки маршрутизатора на основе нечеткой нейронной сети // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2015. – № 9. – С. 55–60.

Pol'shhikov K. A. Sistema prognozirovanija zagruzki marshrutizatora na osnove nechetkoj nejronnoj seti // Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij. – 2015. – № 9. – S. 55–60.

УДК 004.89

ОЦЕНКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ГРАНИЦ КАРЬЕРОВ В СИСТЕМЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

COMPUTATIONAL COMPLEXITY FOR OPEN PIT OPTIMIZATION ALGORITHMS IN MINING MINERAL RESERVES

П.В. Васильев, В.М. Михелев, Д.В. Петров
P.V.Vassiliev, V.M.Mikhelev, D.V.Petrov

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: vassiliev@bsu.edu.ru, mikhelev@bsu.edu.ru, petrov@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются основные алгоритмы оптимизации границ открытой разработки, оценивается их вычислительная сложность и трудоемкость реализации. Обосновывается выбор наиболее производительного метода для распараллеливания вычислений при определении границ карьеров.

Resume. The article deals with the basic algorithms of open pit optimization and estimation of computational complexity of ones. There is a substantiation for the choice of the best method in parallel computations of open pit limits.

Ключевые слова: блочное моделирование, алгоритмы оптимизации, границы карьеров, вычислительная сложность, параллельные вычисления
Keywords: block modelling, algorithms of optimization, open pit limits, computational complexity, parallel computations

Введение

При добыче твердых полезных ископаемых открытым способом одной из важнейших задач является определение наиболее выгодной с экономической точки зрения последовательности выемки запасов сырья и расчет соответствующих оптимальных границ карьера по каждому планируемому этапу добычи. В представленной статье рассматриваются основные алгоритмы оптимизации границ карьеров, применяемые в программном обеспечении открытой разработки рудного сырья.

Для выполнения оптимизационных расчетов строится дискретная блочная модель месторождения, в которой каждой блок имеет стоимостную оценку в зависимости от содержания полезного минерала или металла. Исходными данными служат результаты опробования скважин и горных выработок. На их основе компьютерные методы построения полигональных, триангуляционных и интерполяционных моделей рудных тел позволяют получить, в конечном счете, детальные экономические блочные модели месторождений [1].

В работе [2] представлена общедоступная библиотека реальных блочных моделей месторождений MineLib для тестирования и решения задач оптимизации границ карьеров при извлечении запасов. Как отмечается авторами, задача определения границ *предельного карьера* (оболочки карьера на конец срока жизни горного предприятия) состоит в нахождении множества извлекаемых трехмерных блоков руды и породы с целью максимизации прибыли при наличии прецедентных ограничений, связанных с устойчивостью откосов бортов.

Геометрические ограничения на последовательность извлечения блоков (см. рис. 1) гарантируют, что откосы бортов карьера будут устойчивы, а горное оборудование будет иметь доступ к рабочим зонам. *Прецедентные ограничения* требуют выполнения условия, что при извлечении текущего блока на него непосредственно воздействуют вышележащие блоки, которые должны быть извлечены прежде, чем рассматриваемый блок. Прецедентная связь между блоками задается явно как связь транзитивного типа, то есть, если для извлечения блока A необходимо извлечь блок B, а для извлечения блока B необходимо извлечь блок C, то для извлечения блока A также необходимо извлечь и блок C; эта транзитивность отражается в исходных прецедентных ограничениях. Можно использовать это свойство транзитивности для описания прецедентной связи как *непосредственной или прямой,* если на неё не влияет какая-либо иная пара предшественников, что позволяет моделировать прецедентные ограничения путём увеличения числа *прямых предшественников* в моделях.

При удалении 10 блоков угол наклона бортов для блоков лежит в пределах от 35 до 45, тогда как при удалении 6 вышележащих блоков углы крутизны склонов будут меняться в диапазоне от 45 до 55. Переходя от кубических блоков к блокам в виде параллелепипедов с различными размерами по осям X, Y и Z можно добиться изменения величин в необходимом диапазоне углов. Эти правила последовательности выемки блоков трактуются как некое приближение моделей стратегического планирования к реальным процессам добычи, рассматриваемым при планировании продукции. В этих

задачах находится время, когда некоторый блок должен быть извлечен из карьера. Обычно целью при этом является максимизация чистого дисконтированного дохода (ЧДД или NPV) от добычи сырья; ограничения включают порядок извлечения предшествующих блоков и верхние границы использования ресурсов производства.

а б

Рис. 1. Схемы извлечения блоков, основанные на удалении пяти блоков выше заданного 6-го блока (а) или на удалении девяти блоков выше заданного 10-го блока (б)
Fig. 1. Scheme extraction of blocks based on the removal of the five units above a predetermined 6th block (a) or at a distance of nine units above a predetermined 10-th block (b)

Условия оптимизации границ

Поиск оптимальных решений по извлечению запасов сырья из недр требует выполнения условий, обеспечивающих соблюдение ряда горно-геологических, геотехнических и производственных ограничений.

Используются следующие обозначения:

- **индексы и множества:**
  - $t \in T$ - множество периодов времени t на уровне;
  - $b \in B$ - множество блоков b;
  - $b' \in B_b$ - множество блоков b', предшествующих извлечению множества блоков b;
  - $r \in R$ - множество типов ресурсов r;
  - $d \in D$ - множество пунктов назначения d;
- **параметры:**
  - $P_b(p_{bt}, p_{bd}, p_{bdt})$ - прибыль, получаемая от извлечения (и переработки) блока b (в период времени t при отправке по назначению d) ($);
  - a – скорость дисконтирования, используемая в вычислении коэффициентов целевой функции (прибыли);
  - $q_{br}(q_{brd})$ – количество ресурса r, используемого для извлечения и, при необходимости, переработки блока b (при отправке по назначению d) (в тоннах);
  - $\overline{R}_{rt}$ - максимально доступный операционный ресурс r в период времени t (в тоннах);
  - $\underline{R}_{rt}$ - минимально доступный операционный ресурс r в период времени t (в тоннах);
  - A – коэффициенты дополнительных общих ограничений;
  - $\underline{a}, \overline{a}$ - нижние и верхние границы, соответственно, для дополнительных общих ограничений (векторы с числом рядов равным этому числу в A);
- **переменные:**
  - $x_b = 1$, если блок b находится в проекте конечного карьера, а иначе 0;
  - $x_{bt} = 1$, если блок b извлекается в период времени t, а иначе 0;
  - y_{bdt} – количество блока b отправленное по назначению d в период времени t (%).

Следуя [2] приведем следующие математические формулировки трех главных задач оптимизации:

1. Задача нахождения предельных границ карьера, (UPIT), или задача поиска замыкания с максимальным весом [3]. Эта задача определяет наиболее прибыльную оболочку из блоков внутри рудного тела и, следовательно, в ней не учитываются факторы времени и какие-либо производственные ограничения. Набор ограничений состоит только из прецедентных отношений между блоками; соответствующая матрица коэффициентов, упорядоченных при обходе блоков против часовой стрелки, является полностью унимодулярной, представляющей эту задачу как задачу сетевого потока. По сути, используя ценность каждого блока без всяких ограничений на необходимые производственные

ресурсы по выемке, решение этой задачи показывает немедленную прибыль от карьера и, соответственно, устанавливает то, какие блоки должны быть извлечены согласно прецедентным ограничениям для получения данной прибыли.

$$(UPIT) = ma\sum_{b\in B} p_b x_b \tag{1}$$

$$\text{при условии} \quad x_b \le x_{b'} \ \forall b \in B, \forall b' \in B + B_b \qquad x_b \in \{0,1\} \ \forall b \in B \tag{2}$$

Цель состоит в том, чтобы максимизировать чистую прибыль от всех извлеченных блоков. Ограничения (1) гарантируют, что каждый блок извлекается только в том случае, если добыты предшествующие ему блоки (см. рис.1). Множество предшествующих блоков соответственно задают углы откосов проектируемого предельного карьера. В статье [4] дается быстрый алгоритм решения этой задачи. Решение задачи (UPIT) определяет только проект карьера, то есть его границы. Решение этой задачи фактически может использоваться для исключения блоков из рассмотрения в дальнейших задачах.

2. Задача нахождения предельного карьера с ограничениями, (CPIT), обобщает вышеприведенную задачу нахождения предельных контуров карьера за счет ввода в набор данных фактора времени и связанных с ним ограничений. При этом для модели и её модификаций предполагается, что каждый добычной блок целиком отрабатывается за один период времени. В задаче (CPIT) рассматриваются не только прецедентные ограничения, но и ограничения на доступные операционные ресурсы в заданный период времени. На вход решения задачи (*CPIT*) поступают:

- **доход по каждому блоку**
- **минимальная и максимальная допустимая величина операционного ресурса в заданный период времени**
- **множество предшественников для каждого блока**

При указанных входных данных решение задачи (*CPIT*) предполагает составление плана графика добычи, обеспечивающего максимальную прибыль при наличии ограничений операционных ресурсов и прецедентных связей между блоками. В задаче (CPIT) не принимаются в расчет такие детали, как возможность промежуточного складирования.

$$(CPIT) \qquad \max \sum_{b\in B}\sum_{t\in T}^{t_{max}} p_{bt} x_{bt} \tag{3}$$

$$\text{если} \ \sum_{\tau\le t} x_{b\tau} \le \sum_{\tau\le t} x_{b'\tau} \qquad \forall b \in B, b' \in B_b, t \in T \tag{4}$$

$$\sum_{t\in T} x_{bt} \le 1 \qquad \forall b \in B \tag{5}$$

$$\underline{R}_{rt} \le \sum_{b\in B} q_{br} x_{bt} \le \overline{R}_{rt} \qquad \forall t \in T, r \in R \tag{6}$$

$$x_{bt} \in \{0,1\} \qquad \forall b \in B, t \in T \tag{7}$$

В задаче (CPIT) ищется максимальный чистый доход от извлечения блоков за весь срок жизни горного предприятия. При этом p_{bt} вычисляется как $\frac{p_b}{(1+a)^t}$. Условия (4) устанавливают предшественников. То есть, если блок b' является непосредственным предшественником блока b, то b' должен быть извлечен в тот же самый период времени, что и блок b или ранее. Условия (5) требуют, чтобы каждый блок добывался не более одного раза. Условия (6) гарантируют, чтобы ограничения значений минимального и максимального операционного ресурса соблюдались для каждого периода времени.

3. Задача планирования продукции с прецедентными ограничениями (PCPSP), решается при выполнении следующих условий:

$$(PCPSP) \qquad \max \sum_{b\in B}\sum_{d\in D}\sum_{t\in T} p_{bdt} y_{bdt} \tag{8}$$

$$\text{если} \ \sum_{\tau\le t} x_{b\tau} \le \sum_{\tau\le t} x_{b'\tau} \qquad \forall b \in B, b' \in B_b, t \in T \tag{9}$$

$$x_{bt} = \sum_{d\in D} y_{bdt} \qquad \forall b \in B, t \in T \tag{10}$$

$$\sum_{t\in T} x_{bt} \le 1 \qquad \forall b \in B \tag{11}$$

$$\underline{R}_{rt} \le \sum_{b\in B}\sum_{d\in D} q_{bdr} y_{bdt} \le \overline{R}_{rt} \qquad \forall t \in T, r \in R \tag{12}$$

$$\underline{a} \le Ay \le \overline{a} \tag{13}$$

$$y_{bdt} \in [0,1] \qquad \forall b \in B, d \in D_b, t \in T \tag{14}$$

$$x_{bt} \in \{0,1\} \qquad \forall b \in B, t \in T \tag{15}$$

Задача (PCPSP) максимизирует чистый доход от извлечения блоков за весь срок жизни рудника. Заметьте, что p_{bdt} вычисляется как $\frac{p_{bd}}{(1+a)^t}$. Условия (9) устанавливают требования, касающихся предшественников, для всех блоков и периодов времени. Ограничение (10) предписывает требование о непротиворечивости значений переменных для добычи и переработки. То есть, если блок не извлечен, то его материал не может быть отправлен ни по одному из пунктов назначения, а если извлечен, то весь его материал может быть отправлен куда угодно. Условие (11) вводит ограничение, что блок на любом горизонте (уровне) может быть извлечен только один раз. Ограничения (12) требуют, что кроме уже имеющихся больше никаких операционных ресурсов для целей добычи не используется. Условия (13) определяют общие дополнительные ограничения, подробное обсуждение которых приводится ниже. Заметьте, что поскольку x функционально зависит от y (см. условие (10)), то предыдущая переменная не включается в это условие. Значение переменной, определяющей долю блока, направляемую по конкретному назначению в заданный период времени, должно лежать в диапазоне от 0 до 1. Переменная, определяющая будет или нет блок извлечен в конкретный период времени, является бинарной.

Алгоритмы оптимизации

1. Метод вариантов

В методе вариантов применяется традиционный подход к проектированию карьеров [5]. Основные решения принимаются проектировщиком, а компьютер используется для вычислений площадей, объемов, содержания полезного компонента в руде и технико-экономических показателей.

При расчетах по блочной модели пространство месторождения разбивается на прямоугольные блоки и на основе данных геологоразведочных скважин каждому блоку присваивается кодовый признак породы и процентное содержание полезных компонентов. Базовый вариант границ карьера задается посредством назначения периметра дна, по которому автоматически проектируется верхний контур карьера в соответствии с допустимыми углами откосов рабочего и нерабочего бортов. Объемы пород и полезного ископаемого вычисляются в пределах каждого контура на всех горизонтах. Далее, путём расширения базового периметр, получают различные варианты приращения карьера. Для всех вариантов вычисляют объемы горной массы, коэффициенты вскрыши, затраты на разработку и так далее.

Критерием оценки варианта считается ожидаемая прибыль P. При этом из общего дохода от реализации продукции вычитают затраты на обогащение, переплавку, окомкование, транспортирование для сбыта. С учетом этого прибыль по вариантам рассчитывается по формуле:

$$P = \sum_{n=1}^{N} \frac{I_n - Q_n}{(1+p)^n} - C \to \max \qquad (16)$$

где I_n — ежегодный доход; Q_n — эксплуатационные затраты; p - доля прибыли; N — срок эксплуатации карьера; n — расчетный год; C — капитальные затраты.

Детализация каждого из вариантов позволяет установить ожидаемое минимальное промышленного содержание металла в руде, производственную мощность карьера и приступить к решению задачи календарного планирования добычи.

2. Плавающий конус

В данном алгоритме элементарная фигура формирования границ карьера — перевернутый усеченный конус, меньшее основание которого имеет размеры, соответствующие минимальной ширине дна карьера. Плоскость, образующая боковую поверхность конуса, наклонена к горизонтальной плоскости под углом, равным углу откоса конечного борта карьера. Этот метод имеет несколько вариантов, но его суть можно объяснить на основе использования двух типов блочных моделей с трехмерными массивами данных. Одна из моделей является моделью задачи, содержащая исходные значения по каждому блоку, вторая - моделью решения, первоначально имеющая нулевые значения.

Процедура поиска оптимальности границ карьера начинается с верхнего горизонта, содержащего полезное ископаемое.

В модели задачи отыскивается некоторый блок, который при его извлечении вместе со всеми блоками в конусе над ним обеспечивает прибыль. Когда такой блок найден, то он извлекается (добывается) –перемещается в модель решения, а нулевые значения помещаются в модель задачи. При построении конусов учитываются ограничения на допустимый наклон границ карьера.

При рассмотрении двумерного случая с углом откоса борта карьера в 45 градусов данное изображение показывает множество значений в начальный момент работы программы. Первый найденный конус с положительным значением закрашен желтым цветом. Заметьте, что блок со значением +2 перекрыт сверху тремя блоками со значением -1. Желтые блоки теперь будут перемещены в модель решения.

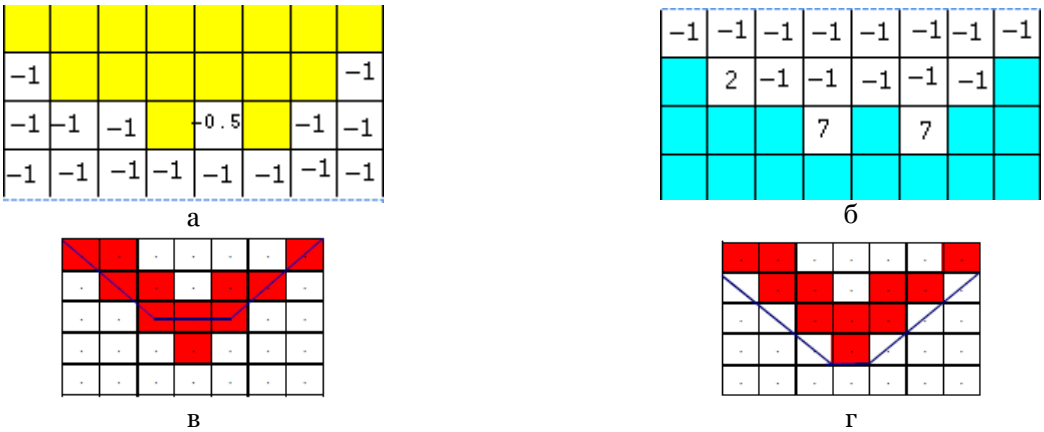


Рис.2. Варианты расположения конусов: а – модель задачи; б – модель решения; в – контур по центрам блоков; г - контур по границам блоков
Fig.2. Options for the location of the cones: a - model of the problem; b - model solutions; c - circuit on the center of the block; d - circuit block boundaries

−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1
−1	2	−1	−1	−1	−1	−1	−1
−1	−1	−1	7	−0.5	7	−1	−1
−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1

Рис. 3. Конус с положительным значением
Fig. 3. Cone with a positive value

Поиск более выгодных конусов для модели решения может быть продолжен до тех пор, пока больше не останется вариантов. В ряде случаев этот процесс, к сожалению, будет перемещать в модель решения те блоки, которые не должны там находиться. Поэтому следующим этапом является поиск в файле модели решения таких блоков, которые будучи помещенными на вершину конуса, будут иметь отрицательное значение. Если такие конусы обнаруживаются, то они перемещаются обратно в блочную модель задачи и этим блокам приписываются нулевые значения.

0	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1
0	0	−1	−1	−1	−1	−1	0
0	0	0	7	−0.5	7	0	0
0	0	0	0	−1	0	0	0

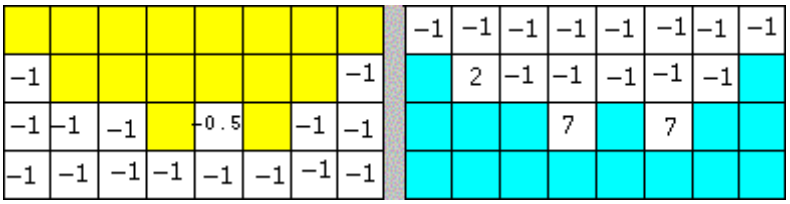
Рис. 4. Диаграмма блочной модели решения
Fig. 4. Block model solutions

Диаграмма показывает «модель решения» - это те блоки, которые, как было обнаружено на первом шаге, находятся в положительном конусе. В «модели решения» мы находим обратный конус с отрицательным значением и закрашиваем его синим цветом. Эти блоки необходимо вернуть обратно в исходную «модель задачи», присвоив нулевые значения.

−1	0	0	0	0	0	0	0
−1	2	0	0	0	0	0	−1
−1	−1	−1	0	−0.5	0	−1	−1
−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1

Рис. 5. Возвращение к диаграмме модели задачи
Fig. 5. Return to the chart model problem

Вновь возвращаясь к модели задачи мы обнаруживаем, что появился новый блок со значением 2, который теперь может быть извлечен с прибылью. После его удаления в модель решения в исходной модели задачи больше не будет каких-либо положительных конусов, а в модели решения нельзя будет найти каких-либо отрицательных конусов (обратных). В этом случае алгоритм находит наилучший из возможных контуров карьера.



а б

Рис. 6. Окончательный вид границ карьера: а)«модель задачи»; б)«модель решения»
Fig. 6. The final form of the open pit limits: a) «model of the problem»; b) a «model solution»

Для большей эффективности алгоритма целесообразно использовать один массив значений стоимости блоков и создать средства переключения с помощью флажка между моделями задачи и решения путём введения массива булевых значений.

По сути, существует не один, а множество алгоритмов «плавающего конуса». Они отличаются по способам поиска положительного конуса, по процедурам переключения и отыскания отрицательного конуса в модели решения. Методы плавающего конуса удобны для представления углов откоса бортов карьеров. Хотя первоначальный метод плавающего конуса не гарантирует нахождение наилучшего оптимального контура карьера, однако в последнее время появились варианты улучшающие его работу [6]. Кроме того, в настоящее время он является единственным методом, для которого удалось использовать вместо регулярной блочной модели структуру представления данных в виде октодерева [7].

3. Метод теории графов

В практике проектирования карьеров алгоритм Лерчса-Гроссмана [8], основанный на теории графов, получил наибольшее распространение. В алгоритме LG блочная модель месторождения представляется в виде ориентированного графа $G=(V,A)$. Каждому блоку трехмерной модели i соответствует узел графа с весом b_i, определяющим чистую экономическую ценность данного блока. Два узла i и j соединяются направленной дугой от i к j, если блок i не может быть извлечен раньше, чем блок j. Обычно блок j в таком случае располагается в верхнем слое, прямо над блоком i. Задача состоит в нахождение такого множества блоков, извлечение которых принесет максимальную прибыль. Это эквивалентно нахождения замкнутого набора узлов графа с максимальной суммой весов. Замкнутым считается множество узлов, которое для каждого узла содержит все его дочерние узлы.

Важной концепцией теории графов является *замыкание*. Для взвешенного ориентированного графа *замыкание* определяется как некое множество вершин С, таких, что если $u \in C$ и (u,v) есть дуга арки в графе, то $v \in C$. Вес замыкания равен сумме весов вершин в замыкании. Или, иначе, в контексте выполнения горных работ *замыкание* представляет собой некоторый подходящий контур карьера, суммарный вес которого равен ценности добытых блоков в замыкании. Таким образом, проблема определения контура карьера, удовлетворяющего требованиям безопасных углов наклона бортов и максимизирующего чистый доход, преобразуется в задачу оптимизации графа и определения замыкания максимального веса во взвешенном направленном графе.

По сути алгоритм описывается следующими шагами:

Шаг 0

Первоначально дерево графа образуют ребра, соединяющие все блоки с корневым фиктивным блоком. Это, очевидно, есть нормализованный граф.

Шаг 1. Проверка - имеется ли направленное ребро (дуга) в графе откосов (α, β), такое, что α – является сильной вершиной, а β - нет? Если нет, то переходим к шагу 4 – конец.

Шаг 2. Пара вершин, найденная в шаге 1, добавляется к дереву графа. Немедленно граф дерева прекращает быть деревом, так как мы имеем структуру с фиктивным ребром на обоих концах. Для того, чтобы исправить эту ситуацию удаляется это фиктивное ребро, поддерживающее (ранее) сильную ветвь. Шаг 2 достаточно легок в понимании, однако сложен для программирования. Хотя в оригинальной статье говорится о добавлении или удалении дуг к/из дерева, но на самом деле речь идёт о ребрах (деревья не направленны).

Шаг 3. Состоит в том, чтобы нормализовать граф циклически назад вплоть до шага 1. После того как граф нормализован до шага 1, нам остается пройти по вновь созданной ветви от листа назад

до корневого блока. Внешняя часть этой ветви теперь будет иметь различный смысл для направления от корня и все вершины в ветви, очевидно, изменят поддерживаемый ими вес.

Шаг 4. Множество сильных вершин представляет собой оптимальный карьер. Множество сильных вершин является множеством, которое поддерживается сильными dummy вершинами. Завершение работы алгоритма.

4. Генетический алгоритм

Генетические алгоритмы оптимизации основаны на моделировании процессов мутации, скрещивания и естественного отбора. Поиск в них начинается со случайной популяции индивидуумов, однозначно характеризующихся неким набором данных – хромосомами. У каждого индивидуума оценивается функция пригодности, аргументом которой являются его хромосома. В работе [9] предложена структура многомерного генетического алгоритма для оптимизации горной добычи с использованием трехмерных пространственных данных и дискретного времени. Долгосрочное календарное планирование представляется в виде матрицы с множеством ячеек, цена которых увязана с периодом их извлечения горной выработкой.

Путем применения генетических операторов (отбора, мутации, скрещивания) популяция улучшается до тех пор, пока либо функция пригодности одного из индивидуумов не достигнет приемлемого значения, либо не пройдет допустимое количество циклов воспроизводства. При реализации генетического алгоритма для карьера, в первую очередь определяется формат представления хромосом.

Предлагается следующее решение: форма карьера (с учетом допустимых углов откосов бортов) представляется с помощью массива целых чисел. Каждый элемент такого массива показывает глубину карьера в текущем столбце трехмерной модели месторождения. Пусть имеется трехмерная блочная модель месторождения $P(IxJxK)$, элементы которой характеризуется числами или весами p_{ijk}, $i \in [0,I]$, $j \in [0,J]$, $k \in [0,K]$, показывающими чистую прибыль, получаемую в ходе его добычи, с учетом процентного содержания полезных элементов, себестоимости выработки и рыночной стоимости металла. Тогда генетическую модель можно охарактеризовать вектором $X = \{x_1,\ldots,x_n\}$, где $n = I * J$ в котором значение глубины столбца с координатами (i,j), помещается в позицию x_q, где $q = i * I + j$. Этот массив считается хромосомой, так как он полностью характеризует один индивид – одну конкретную форму карьера. Путем итеративного применения генетических операторов к набору таких индивидов (популяции) находится оптимальная форма поверхности карьера.

В качестве критерия оценки пригодности варианта мутации используется следующая функция:

$$f(X) = \sum_{i=0}^{I}\sum_{j=0}^{J}\sum_{k=0}^{K} p_{ijk}, k \le x_q, q = i * I + j \qquad (17)$$

Данный алгоритм за конечное число шагов находит предельный контур карьера [16]. Для расширения области поиска, уменьшения вероятности преждевременного схождения и уменьшения времени вычислений был разработан параллельный вариант данного алгоритма – иерархический генетический алгоритм с двумя уровнями параллелизма, описанный в работе [17].

5. Линейное и динамическое программирование

Алгоритмы, реализующие оптимизацию границ карьеров на основе методов линейного и динамического программирования рассматриваются в работе [10]. При этом в основном используются стандартные коммерческие или открытые (COIN-OR) библиотеки целочисленного линейного программирования. Однако в виду субоптимальности получаемых решений в практике проектирования карьеров данные методы не получили широкого распространения.

6. Метод максимизации псевдопотока

В работе Хочбаума [4] нормализованные деревья алгоритма LG были адаптированы к более общей модели сетевого потока на основе концепции *псевдопотока,* похожего на *предпотоки* (*preflow)*. Сетевой *псевдопоток* удовлетворяет ограничениям пропускной способности, но в нём могут нарушаться условия баланса потока с созданием дефицита или избытка в узлах. *Предпоток* удовлетворяет ограничениям пропускной способности, но в нём может нарушаться баланс потока лишь путём создания избытка в узлах. Алгоритм *псевдопотока* решает задачу нахождения максимального потока в обобщенных сетях и работает с *псевдопотоками* вместо масс. Связь между алгоритмом *псевдопотока* и алгоритмом *предпотока* (переразметки, push-relabel) более очевидна, чем между алгоритмом LG и алгоритмом *предпотока*. Методы LG и *псевдопотока* имеют дело с *множеством узлов* (ветвей), способных аккумулировать либо избыток, либо дефицит. В подходе на основе *псевдопотока*, массы M_{rs}, поддерживаемые коневым узлом r_s сильного дерева, трактуются как некий *псевдопоток* и выталкиваются к слабому корню r_w , а затем к фиктивному корневому узлу x_n (одновременно являющемуся как источником, так и стоком). Алгоритм выталкивания с переразметкой работает с *предпотоками* (*preflows)*. Алгоритм переразметки работает скорее с самими узлами, а не с множествами узлов, и избыток в некотором узле выдавливается в находя-

щиеся ближе к стоку узлы в соответствие со значениями дистанционных меток, переразметка обновляет значения меток.

Алгоритм *псевдопотока* предоставляет несколько систематических путей обработки вершин типа слабый-над-сильным. Лучшими из этих методов являются варианты с нижней и верхней метками. Методы нижней и верхней разметки работают с концепцией дистанционной метки. Для некоторого узла *дистанционная метка* представляет собой неубывающую функцию и на этом уровне она является неубывающей в составе любого сгенерированного дерева. В статье [4] доказывается, что дистанционная метка есть неубывающая функция на заданном уровне дерева и для слабого узла v она является некоторой нижней границей уровня (v). Функция дистанционной метки аналогична дистанционным меткам и меткам, используемым в методах сетевого потока [3].

Как отмечается в работе [11] Хочбаум [4] развила алгоритм LG за счет включения в него концепции *псевдопотока* с формулировкой задачи сетевого потока. Такая формулировка дополняет базовый алгоритм LG структурированной стратегией определения последовательности обработки множества дуг.

Реализованный алгоритм систематически находит последовательность нормализованных вложенных остовных деревьев в виде расширенных замкнутых подграфов основного графа. Алгоритм объединяет на каждом этапе всё большее количество дуг из подграфа. Последовательность образующихся деревьев содержит подмножества (сильные ветви), чьи вершины формируют максимальное замыкание вложенного дерева и частичное замыкание подграфа и стремится в пределе к максимальному замыканию подграфа. Алгоритм может начинаться с любого нормализованного вложенного остовного дерева замкнутого расширенного подграфа G^x исходного графа. В данной реализации создается фиктивный корневой узел x_0 и строится начальное связующее дерево, имеющее корень в фиктивном узле и ветви, отходящие к каждому узлу дерева в виде подграфа G. Таким образом, Tx_0 представляет собой нормализованное вложенное остовное дерево расширенного подграфа G^x. *П*редполагаться, что этот подграф в целом должен быть графом без потери общности. Максимальное замыкание замкнутого подграфа содержится внутри максимального замыкания всего графа.

Алгоритм состоит из двух шагов, которые повторяются до тех пор, пока вершины *сильных* ветвей не сформируют максимальное замыкание взвешенного ориентированного графа G. Имеется шаг поглощения (*merger)* и шаг обрезки или нормализации (*pruning).* Таким образом, процесс начинается с некого супер оптимального множества (первоначально сильных ветвей Tx_0, образующих множество всех положительных вершин и которое может быть эффективно найдено, например, с помощью эвристического генетического алгоритма), которое не удовлетворяет ограничениям и преобразуется к подмножеству максимального замыкания, удовлетворяющего принятым ограничениям (1)-(9).

На каждом этапе имеются несколько переменных, связанных с каждой вершиной или ребром нормализованного дерева. Они представляют вес поддерева, исходящего из ребра или вершины, тип ребра *(p* или *m),* связывающего вершину с её предком (первоначально с корнем x_0*),* и тип ребра или вершины *(слабая или сильная).* Ребро в нормализованном поддереве является *сильным,* если и только если оно является *p-ребром* и поддерживаемый этим ребром вес является положительным по определению и согласно 'свойству 3'. Другие переменные являются счетчиками и housekeeping переменными. Сама по себе древовидная структура является довольно сложной и представляет собой множество связанных списков, а структура данных спроектирована для оптимизации проходов по дереву и re-combinations. В нормализованном дереве все вершины у ветвей, связанных с корнем x_0, являются либо все *сильными*, либо все являются *слабыми*. В методах *псевдопотока* с нижней и верхней меткой для определения порядка обработки сильных деревьев применяются приоритетные очереди.

Выполненные в работе [11] расчеты дают представление о времени нахождения решения двумя алгоритмами псевдопотока и алгоритмом Лерчса-Гроссманна. Сравнение приведено в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Сравнение методов оптимизации при работе с блочной моделью размером 220*119*38 (всего 994 840 блоков)
Comparison of optimization methods when working with block model size 119 * 220 * 38 (994 840 blocks in sum)

Алгоритм	Лерчс-Гроссман, LG	Псевдопоток с нижней меткой, LLPF	Псевдопоток с верхней меткой, HLPF
Суммарный денежный поток	57 118 058	57 118 058	57 118 058
Извлеченные блоки	95 228	95 228	95 228
Оставшиеся блоки	830 754	830 754	830 754
Время счета (сек)	1527	126	29

Результаты наглядно показывают значительное преимущество в производительности алгоритма псевдопотока с верхней меткой (графа 4).

Оценка вычислительной сложности и трудоемкости реализации

При оценке вычислительной сложности нами применялся подход, описанный в монографии [12]. Более детальное рассмотрение сложности алгоритмов теории графов и сетевого потока можно найти в монографии [13]

Временная вычислительная сложность дается в среднем для верхней границы, для нижней границы и в худшем случае не определялась. Нами были рассмотрены как математически строгие (методы теории графов, ветвей и границ, сетевого потока), так и эвристические алгоритмы оптимизации (методы плавающего конуса, линейного программирования и генетические алгоритмы). Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 2
Table 2

Общие характеристики алгоритмов оптимизации границ карьеров
General characteristics of optimization algorithms for open pit limits

Алгоритм оптимизации	Сложность	Строгость	Трудоемкость
1	2	3	4
Метод вариантов	-	-	*
Плавающий конус	$O(n^2)$	-	**
Линейное программирование	$O(log(n^2))$	-	****
Динамическое программирование	$O(log(n^2))$	+	****
Метод Лерчса-Гроссманна (теория орграфов)	$O(mn^2)$	+	*****
Метод ветвей и границ (фундаментальное дерево)	$O(mn^2)$	+	****
Колония муравьев, ACO	$O(n^2log(m))$	-	***
Рой частиц, PSO	$O(n^2log(m))$	-	***
Максимальный псевдопоток (метод верхней метки)	$O(mnlog(n))$	+	****

Примечания: «+» строго теоретически доказанный оптимальный результат, «-» эвристический, субоптимальный результат; n – число блоков (узлов, вершин), m – число дуг (ограничивающих крутизну склонов);
«*» - чем больше число звездочек, тем более трудоёмким является алгоритм в программной реализации согласно авторской экспертной оценке.

Анализ результатов показывает, что наиболее перспективным с точки зрения производительности и трудоемкости реализации является алгоритм максимизации псевдопотока с верхней меткой, перед которым может быть выполнен предрасчет оптимальной многоуровневой структуры графа сетевого потока на основе генетического алгоритма. Применение последнего способно существенно сократить число блоков (вершин) и связывающих их дуг (ребер) при последующем решении оптимизационных задач по алгоритму максимизации псевдопотока с верхней меткой для объемных мегаблочных моделей.

Выводы

В работе дается краткий обзор исследований в области поиска решений задачи оптимизации карьеров и выполнен анализ работы существующих алгоритмов. Представлена обобщенная оценка вычислительной сложности наиболее эффективных алгоритмов и дана экспертная оценка трудоемкости их программной реализации по 5-ти балльной шкале. Обосновывается выбор наиболее производительного комплекса методов - метода максимизации потока с верхней меткой в сочетании с предрасчетом базового варианта на основе генетического алгоритма. С целью ускорения оптимизации границ предельных карьеров и нахождения промежуточных вложенных оболочек карьеров в заданной последовательности этапов отработки запасов, предложена эффективная схема распараллеливания вычислений по технологиям MPI/CUDA/OpenCL.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 15-47-03029 р_центр_а).

Список литературы
References

1. Construction Economic Ore Body Models for Open Pit Optimization. Whittle D.J., Vassiliev P.V. Moscow : s.n., 1997. 2nd Regional APCOM 97 SYMPOSIUM, Aug. pp. 511-514.
Construction Economic Ore Body Models for Open Pit Optimization. Whittle D.J., Vassiliev P.V. Moscow : s.n., 1997. 2nd Regional APCOM 97 SYMPOSIUM, Aug. pp. 511-514.

2. Minelib 2011: A library of open pit production scheduling problems. Espinoza D, Goycoolea M, Moreno E, Newman A. 206(1), 2013, Ann. Oper. Res., pp. 93–114.

Minelib 2011: A library of open pit production scheduling problems. Espinoza D, Goycoolea M, Moreno E, Newman A. 206(1), 2013, Ann. Oper. Res., pp. 93–114.

3. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. Москва : Мир, 1974. p. 514.

Hu T. Celochislennoe programmirovanie i potoki v setjah. Moskva : Mir, 1974. p. 514.

4. The Pseudoflow Algorithm: A New Algorithm for the Maximum-Flow Problem. Hochbaum D.S. 56, 2008, Oparations Research, Vol. 4, pp. 992–1009.

5. Астафьев Ю.П., Зеленский А.С., Горлов Н.И. и др. Компьютеры и системы управления в горном деле за рубежом. М. : Недра, 1989. стр. 264.

Astaf'ev Ju.P., Zelenskij A.S., Gorlov N.I. i dr. Komp'jutery i sistemy upravlenija v gornom dele za rubezhom. M. : Nedra, 1989. str. 264.

6. A new algorithm for optimum open pit design: Floating cone method III. Elahi zeyni E., Kakaie R., Yousefi A. 2 , 2011, Journal of Mining & Environment, Vol. 2 , pp. 118-125.

A new algorithm for optimum open pit design: Floating cone method III. Elahi zeyni E., Kakaie R., Yousefi A. 2 , 2011, Journal of Mining & Environment, Vol. 2 , pp. 118-125.

7. Система многоуровневых октарных моделей горно-геологических объектов. Васильев П.В. 2012 г., Материалы XII Международной конференции Информатика. (XII International Conference "Informatics", 20-22 February 2012) 20-22 February 2012) в 2т, стр. 28-32.

Sistema mnogourovnevyh oktarnyh modelej gorno-geologicheskih ob#ektov. Vasil'ev P.V. 2012 g., Materialy XII Mezhdunarodnoj konferencii Informatika. (XII International Conference "Informatics", 20-22 February 2012) 20-22 February 2012) v 2t, str. 28-32.

8. Lerchs H., Grossmann L. Optimum Disign of Open-Pit Mines. Ttrans. CIM. 1965, Vol. LXVII, pp. 17-24.

Lerchs H., Grossmann L. Optimum Disign of Open-Pit Mines. Ttrans. CIM. 1965, Vol. LXVII, pp. 17-24.

9. Denby B., Schofield D., Surme T. Genetic Algorithms for Flexible Scheduling of Open Pit Operations. 1998

Denby B., Schofield D., Surme T. Genetic Algorithms for Flexible Scheduling of Open Pit Operations. 1998

10. Caccetta L., Hill S.P. An application of branch and cut to open pit mine scheduling. Journal of Global Optimization. 2003, №.27, pp. 349-365

Caccetta L., Hill S.P. An application of branch and cut to open pit mine scheduling. Journal of Global Optimization. 2003, №.27, pp. 349-365

11. Muir D.C.W. Pseudoflow, New Life for Lerchs-Grossmann Pit Optimisation. s.l. : Spectrum Series. Orebody Modelling and Strategic Mine Planning, 2008. pp. 97-104. vol.14.

Muir D.C.W. Pseudoflow, New Life for Lerchs-Grossmann Pit Optimisation. s.l. : Spectrum Series. Orebody Modelling and Strategic Mine Planning, 2008. pp. 97-104. vol.14.

12. Ахо А.И., Хопкрофт Д., Ульман Д.Д. Структуры данных и алгоритмы.: Перв. с англ. М. : Издательский дом "Вильямс", 2000. p. 384

Aho A.I., Hopkroft D., Ul'man D.D. Struktury dannyh i algoritmy.: Perv. s angl. M. : Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2000. p. 384.

13. Кормен Т.Х. и др. Алгоритмы: построение и анализ, 3-е изд.: Пер.с англ. М. : ООО И.Д.Вильямс, 2013. стр. 1328.

Kormen T.H. i dr. Algoritmy: postroenie i analiz, 3-e izd.: Per.s angl. M. : OOO I.D.Vil'jams, 2013. str. 1328.

14. Lerchs H., Grossmann L. Optimum Disign of Open-Pit Mines. Ttrans. CIM. 1965, Vol. LXVII, pp. 17-24.

Lerchs H., Grossmann L. Optimum Disign of Open-Pit Mines. Ttrans. CIM. 1965, Vol. LXVII, pp. 17-24.

15. Tolwinski B., Underwood R. A scheduling algorithm for open pit mines. IMA Journal of Management Mathematics. 1996, Vol. 7(3), pp. 247-270.

Tolwinski B., Underwood R. A scheduling algorithm for open pit mines. IMA Journal of Management Mathematics. 1996, Vol. 7(3), pp. 247-270.

16. Петров Д.В. Применение методов глобальной оптимизации для поиска предельных границ рудных месторождений. Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика. Информатика, 2015. №7 (204) Выпуск 34/1

Petrov D.V. Primenenie metodov global'noy optimizatsii dlya poiska predel'nykh granits rudnykh mestorozhdeniy. Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Ekonomika. Informatika, 2015. №7 (204) Vypusk 34/1

17. Михелев В.М., Васильев П.В., Петров Д.В. «Суперкомпьютеры, как средства моделирования граничных контуров карьеров рудных месторождений», Вопросы радиоэлектроники. Серия "Электронная вычислительная техника (ЭВТ)" Выпуск 1, Москва 2013., с. 5-10

Mikhelev V.M., Vasil'ev P.V., Petrov D.V. «Superkomp'yutery, kak sredstva modelirovaniya granichnykh konturov kar'erov rudnykh mestorozhdeniy», Voprosy radioelektroniki. Seriya "Elektronnaya vychislitel'naya tekhnika (EVT)" Vypusk 1, Moskva 2013., s. 5-10

18. Genetic Algorithms for Flexible Scheduling of Open Pit Operations. Denby B., Schofield D. and Surme T. 1998, Proceedings of the 27th Int. Sym. of Applicaition of Computers and Mathematics in the Mineral Industries.

Genetic Algorithms for Flexible Scheduling of Open Pit Operations. Denby B., Schofield D. and Surme T. 1998, Proceedings of the 27th Int. Sym. of Applicaition of Computers and Mathematics in the Mineral Industries.

УДК 004.942

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ИТ-ПРОЕКТОВ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

CONSTRUCTION OF MODELS IT DESIGNS ARE WELCOMED EVALUATION OF THEIR EFFECTIVENESS

В.С. Нехотина
V.S. Nekhotina

Белгородский университет кооперации, экономики и права, Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а
Belgorod University of cooperation, Economics and law, Russia, 308023, Belgorod, Sadovaya street, D. 116a

e-mail: nnviktory@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрены теоретические основы построения моделей ИТ-проектов (ИТП), определена и представлена схема их разработки, выявлены основные этапы этого процесса (построение операционной системы ИТП и модели условий применения ИТП). В общем виде представлена структурная схема построения модели ИТП, включающая три вида моделей: системы, ситуации и качества проекта. Представленные теоретические положения могут быть положены в основу оценивания эффективности ИТП

Rezume: The article considers theoretical bases of construction models of it projects (ITP), identifies and presents the scheme of their construction, identified the main stages of this process (building an operating system, ITP and model conditions ITP). In General the block diagram of the construction of a model of ITP, including three types of models: systems, situations and the quality of the project. Presents theoretical principles can be the basis for the evaluation of the effectiveness of ITP

Ключевые слова: ИТ-проект, эффективность, оценивание, математическая модель оценивания, методы построения, схема оценивания
Keywords: An it project, effectiveness, estimation, mathematical model of estimation, methods of construction, grading scheme

Постановка проблемы и цель работы

В общем случае под термином «модель сложного объекта» (каковым является ИТП) будем понимать совокупность соотношений, описывающих его строение (состав, структуру, организацию), поведение и взаимодействие с другими объектами и с окружающей средой, а также позволяющих изучать поведение объекта в развитии [1]. Однако методологическим аспектам проблемы построения моделей ИТП (принципам и методикам построения и требованиям) в современной научной литературе (например, [2-6]) не уделено достаточно внимания, то есть отсутствуют четкие рекомендации по их использованию (применению) в конкретных исследованиях, а методология научного исследования включает следующую последовательность действий:

1) формулировка проблемы;
2) построение модели исследуемого объекта;
3) формулировка теории рассматриваемого явления;
4) вывод некоторых следствий из данной теории;
5) интерпретация полученных результатов.

В рамках построения модели большое значение имеет этап, связанный со сбором фактов, поскольку данный этап начинается со сбора уже известных фактов и их использования в рамках правдоподобных суждений. Затем проводится экспериментальная верификация (проверкой адекватности) и использование построенной теории для решения конкретных практических задач при оценивании эффективности ИТП. После построения модели и ее экспериментальной проверки по ограниченным исходным данным представляется экспериментальное доказательство возможной неадекватности первоначальной модели. Однако, наличие доказательства неадекватности модели предполагает ее совершенствование и создание более адекватного (лучшего) варианта.

Отметим также, что для повышения наглядности и иллюстрируемости получаемых результатов при построении моделей целесообразно делать допущения (предположения), позволяющие упростить описание зависимости факторов. Что, как правило, приводит к снижению адекватности, но, если сделанные допущения принципиально не противоречат физическому смыслу рассматриваемого проекта, то получаемое с ее помощью решение позволит обосновать принимаемое решение

Поскольку в реальности существует множество ИТП, имеющих различные функции и цели реализации, использующих средства и ресурсы, существует множество задач исследования их эффективности с использованием детерминированных, квазирегулярных и стохастических моделей [6]. При этом адекватное описание ИТП может быть дано только на базе стохастических моделей, по-

скольку внедрение и использование ИТП происходит в условиях множества заранее неизвестных (случайных) факторов.

Применение детерминированных и квазирегулярных моделей должно обосновываться для каждого конкретного проекта и рассматриваться как некоторое подобие стохастических моделей.

Актуальность темы публикации обусловлена тем, что специфические условия оценивания и реализации ИТП предопределили необходимость детального изучения особенностей построения моделей ИТП при оценивании их эффективности.

Схема построения моделей ИТП

Разработка аналитических моделей связана с допущениями (некоторыми предположениями) для упрощения описания их аналитической зависимости с целью расширения возможностей аналитического исследования, а также повышения наглядности и иллюстрируемости результатов. В итоге адекватность модели снижается. Однако если сделанные допущения принципиально не противоречат физическому смыслу рассматриваемого явления, то могут послужить основанием для принятия обоснованных решений.

Таким образом, среди всех свойств ИТП первостепенное значение имеет описание параметров, эксплуатационно-технических характеристик и процессов его функционирования, оказывающих влияние на эффективность реализации проекта, уровень которой должен обеспечить правильное сравнительное оценивание и ранжирование по эффективности альтернативных проектов.

Модели ИТП в задачах исследования их качества и эффективности достаточно специфичны комплексностью (агрегированностью) учета в рамках одной модели реальных параметров и технических характеристик проекта (ТХП). Кроме того это модели не конкретного проекта, а класса проектов, определяемого его организацией, поскольку моделируются не существующие, а вновь создаваемые (гипотетические) проекты [6].

Процесс построения модели ИТП реализуется в два этапа:

1 этап – построение комплексной операционной системы ИТП, включающей следующие подмодели:

– технической системы ИТП;
– условий функционирования ИТП;
– целенаправленного процесса функционирования проекта.

2 этап – построение модели условий применения ИТП.

Структурную схему построения модели ИТП в обобщенном виде (рис. 1) можно представить в виде трех моделей:

1) системы;
2) ситуации;
3) качества проекта.

На рисунках 1-4 представлена обобщенная структурная схема построения модели ИТП.

В первом процессе на основании исходных данных о проекте строится модель системы ИТП, результатом чего является подвектор управляемых компонент вектора параметров и ТХП ИТП, а также разработка стратегии (способов управления ими). Второй процесс позволяет построить модель ситуации, в результате чего формируются подвектор управляемых компонент вектора характеристик условий применения ИТП, а также стратегии управления характеристиками условий применения ИТП. Третий процесс позволяет определить соотношение между компонентами векторов существенных эффектов (атрибутов) ИТП, определяющих виртуальное качество результатов ($S_{\langle n\rangle}$) и зависимостью требований ($\hat{T}_{\langle n\rangle}$), обеспечивающих достижение цели реализации ИТП, и таким образом моделирует процедуру оценивания качества результатов ИТП.

Построение модели системы состоит из четырех основных процессов (рис. 3):

1. Определение спецификации:

1) существенных эффектов ИТП $S_{\langle n\rangle}$ (1);

$$S_{\langle n\rangle} = \left\langle s_{11}, \ldots, s_{1n}; s_{21}, \ldots, s_{2n_1}; s_{31}, \ldots, s_{3n_3} \right\rangle \quad (1)$$

2) параметров и ТХП ИТП – векторов $P'_{\langle k'\rangle}$ и $P''_{\langle k''\rangle}$ (управляемых $P^{y}_{\langle k_y\rangle}$ и не управляемых $P^{н}_{\langle k_н\rangle}$) (2):

$$P_{\langle k\rangle} = \left\langle p_1^{y}, p_2^{y}, \ldots, p_{k_y}^{y}; p_1^{H}, \ldots, p_2^{H}, \ldots, p_{k_н}^{H} \right\rangle \quad (2)$$

3) характеристик условий функционирования ИТП - вектора $X'_{\langle l'\rangle}$, оказывающих влияние на параметры $P'_{\langle k'\rangle}$ и $P''_{\langle k''\rangle}$ (3):

$$X'_{\langle l'\rangle} = \left\langle x_1'^{y}, x_2'^{y}, \ldots, x_{l'_y}'^{y}; x_1'^{H}, x_2'^{H}, \ldots, x_{l'_н}'^{H} \right\rangle \quad (3)$$

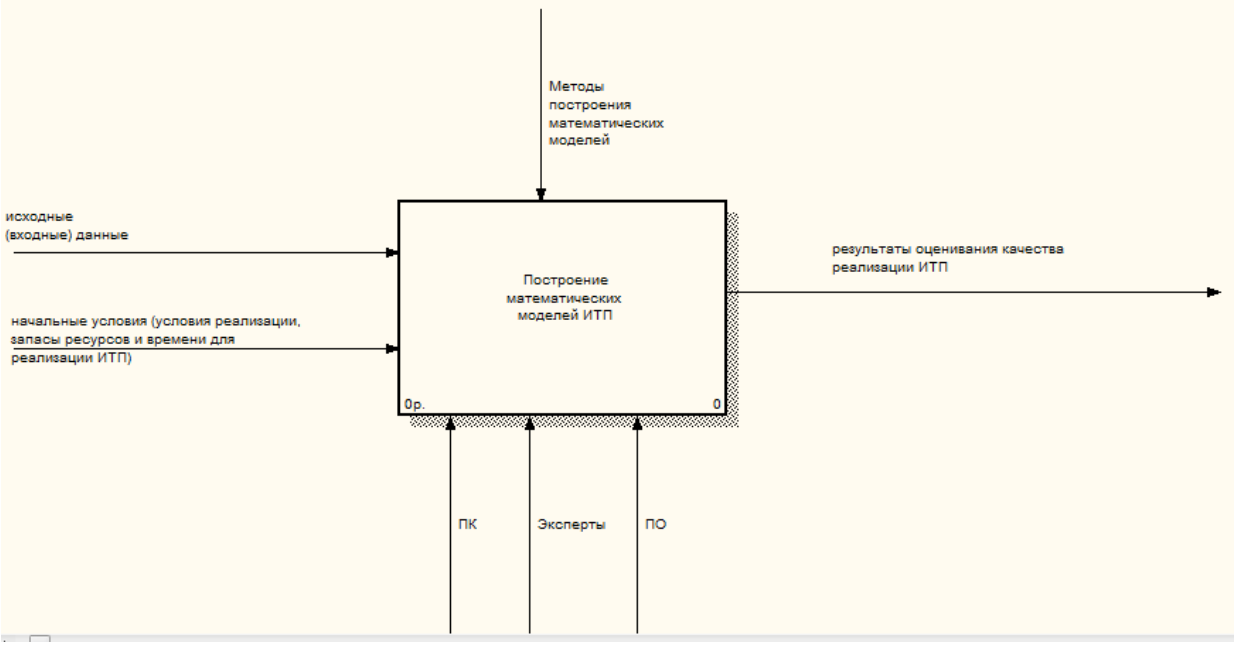


Рис. 1. Контекстная диагарамма построения математических моделей ИТП
Fig. 1. Diagramma context of constructing mathematical models of ITP

2. Описание зависимости параметров $P_{\langle k\rangle} = \left\langle P'_{\langle k'\rangle},\ P''_{\langle k''\rangle}\right\rangle$ (4) от ТХП и условий функционирования ИТП и от организации процессов его функционирования:

$$P_{\langle k\rangle} = P_{\langle k\rangle}(P^{e}_{\langle k_e\rangle}, X'_{\langle l'\rangle} \tag{4}$$

3. Определение функционала со всеми его параметрами (агригатами) (5-8), а также закона распределения показателя $\hat{S}_{\langle n\rangle}$ виртуального качества результатов ИТП, представляющих собой модель процессов функционирования ИТП (9):

$$S^{1}_{\langle n_1\rangle} = \Re\left(S^{(2)}_{\langle n_2\rangle}, S^{(3)}_{\langle n_3\rangle}\right) \tag{5}$$

$$S^{(2)}_{\langle n_2\rangle} = S^{(2)}_{\langle n_2\rangle}\left(P_{\langle k\rangle}, X'_{\langle l'\rangle}\right) \tag{6}$$

$$S^{(3)}_{\langle n_3\rangle} = S^{(3)}_{\langle n_3\rangle}\left(P_{\langle k\rangle}, X'_{\langle l'\rangle}; S^{(2)}_{\langle n_2\rangle}\right) \tag{7}$$

$$S^{(1)}_{\langle n_1\rangle} = S^{(1)}_{\langle n_1\rangle}\left(P_{\langle k\rangle}, X'_{\langle l'\rangle}; S^{(2)}_{\langle n_2\rangle}, S^{(3)}_{\langle n_3\rangle}\right) \tag{8}$$

$$F_{\hat{S}_{\langle n\rangle}}\left(S_{\langle n\rangle}\right) = F_{\hat{S}_{\langle n\rangle}}\left(S_{\langle n\rangle}; P_{\langle k\rangle}, X'_{\langle l'\rangle}\right) \tag{9}$$

4. Определение подвектора управляемых компонент вектора $C'_{\langle m'\rangle}$ (параметр и ТХП ИТП, а также стратегий (способов) управления ими), что позволяет выполнить моделирование органа управления качеством и эффективностью ИТП (10).

$$Y'_{r'} = \left\langle P^{y}_{\langle k_y\rangle},\ X'^{y}_{\langle l_y\rangle}\right\rangle) \subseteq (X'_{\langle m'\rangle} = \left\langle P_{\langle k\rangle},\ X'_{\langle l'\rangle}\right\rangle \tag{10}$$

На рисунке 4 представлена детализация процесса построения модели ситуации, состоящего из таких процессов, как:

1. Определение спецификации показателя $T_{\langle n\rangle}$ (11)требуемого качества результатов ИТП и характеристик $X''_{\langle l''\rangle}$ условий применения ИТП (12):

$$T_{\langle n\rangle} = \left\langle z_{11},\ldots,z_{1n_1}; z_{21},\ldots,z_{2n_2}; z_{31},\ldots,z_{3n_3}\right\rangle \tag{11}$$

$$X''_{\langle l''\rangle} = \left\langle b''^{y}_{1}, b''^{y}_{2},\ldots,b''^{y}_{l}; b''^{H}_{1}, b''^{H}_{2}, b''^{H}_{l''_H}\right\rangle \tag{12}$$

2. Определение зависимости требований $\hat{T}_{\langle n\rangle}$, предъявляемым к результатам $S_{\langle n\rangle}$, от условий $X''_{\langle l''\rangle}$ (12), применения ИТП, а также выведение закона распределения случайного вектора $\hat{T}_{\langle n\rangle}$ совместно с предыдущим процессом реализуют априорную модель ситуации (стратегической и оперативной обстановки), в которой реализуется ИТП и достигается его цель (13-14):

$$T_{\langle n\rangle} = T_{\langle n\rangle}\left(X''_{\langle l''\rangle}\right) \tag{13}$$

$$O_{\hat{T}_{\langle n\rangle}}\left(T_{\langle n\rangle}\right)=O_{\hat{T}_{\langle n\rangle}}\left(T_{\langle n\rangle};X''_{\langle l''\rangle}\right) \tag{14}$$

3. Определение подвектора $X''^{y}_{l''_y}=Y''_{r''}\subset X''_{\langle m''\rangle}=X''_{\langle l''\rangle}$ управляемых компонент вектора $C''_{\langle m''\rangle}$ (характеристик условий применения ИТП), а также стратегий (способов) управления ими совместно с 4 процессом построения модели системы моделирования работы органа управления требуемым качеством результатов ИТП.

$$X''^{y}_{\langle l''_y\rangle}\subset X''_{\langle l''\rangle} \tag{15}$$

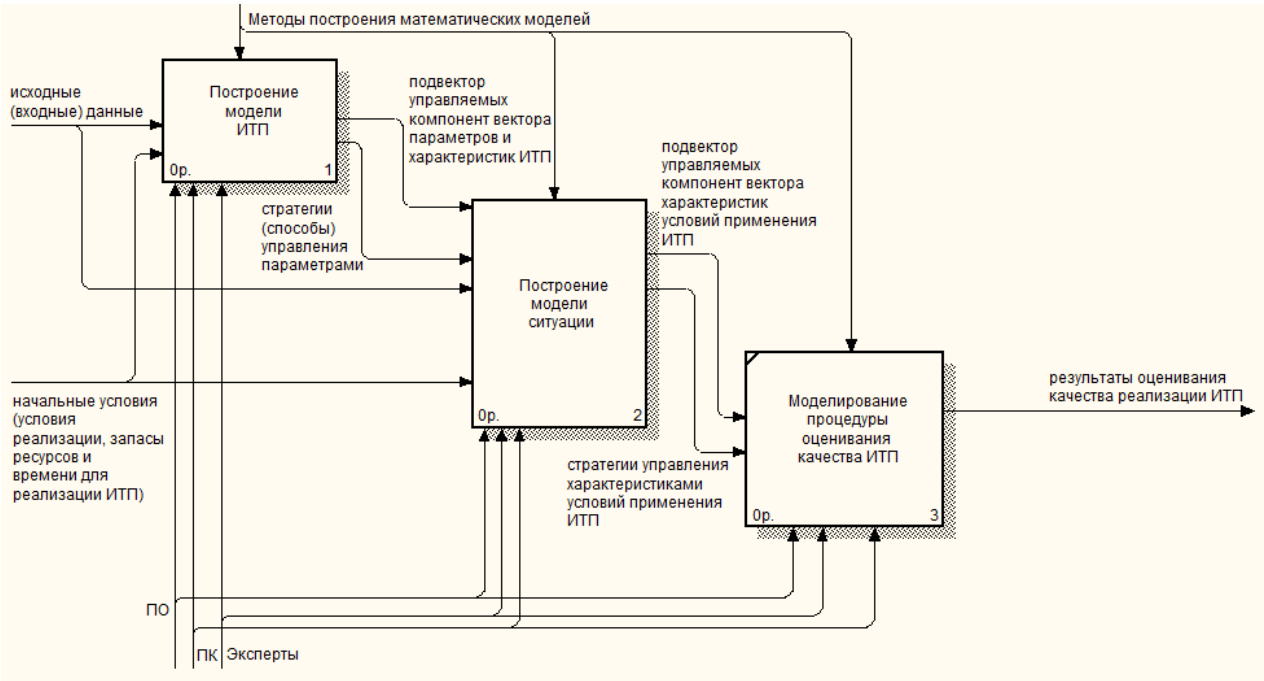


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции
Fig. 2. Chart decomposition

Представленная схема носит весьма условный характер и может быть изменена в зависимости от конкретных условий реализации ИТП.

При моделировании ИТП и протекающих в них процессов моделируются связи их состояний (свойства объектов) с внешними воздействиями (естественными и специфическими), а также с другими подсистемами исследуемого проекта.

Под моделью ИТП будем понимать совокупность соотношений (формул, уравнений, неравенств, логических условий, операторов и т.д.), определяющих характеристики состояния проекта (а через них и выходные данные) в зависимости от его параметров, входных данных, начальных условий и времени.

ИТП – это система со сложной структурой. При исследовании реальных систем зачастую возникают проблемы при построении моделей в виде явных функций или уравнений, например модели сложных систем и процессов, с учетом воздействия на них различных случайных факторов. Однако ИТП имеют специфические особенности, присущие только им и обусловленные задачами исследования. Данное обстоятельство отображено в формулах 1-15 в виде соотношений общего характера, конкретные выражения которых могут принимать разнообразные формы.

Необходимо также отметить, что характеризующие модель параметры ИТП являются функциями времени, то есть от времени (t) зависят как показатели качества результатов проекта (требуемых и виртуальных), так и показатели ее эффективности. Поэтому, если имеется существенная зависимость характеристик ИТП от времени, фактор времени (t) должен фигурировать в модели в явном виде.

Следовательно, под термином «состояния ИТП» будем понимать значения:

1) $P'_{\langle k'\rangle}(t)$ и $P''_{\langle k''\rangle}(t)$ их параметров и характеристик;

2) $K_{\langle n\rangle}(t)$ показателя $K_{\langle n\rangle}$ качества результатов ИТП – выходные значения;

3) $\left\langle P'^{y}_{\langle k'_y\rangle}(t),\ P''^{y}_{\langle k''_y\rangle}(t)\right\rangle=Y_{\langle r\rangle}$ их управляемых параметров и характеристик – входные сигналы;

4) $X'_{\langle l'\rangle}(t_0)$ и $K^{(2)}_{\langle n_2\rangle}(t_0)$ характеристик условий функционирования ИТП и запасов ресурсов до начала реализации проекта – начальные условия.

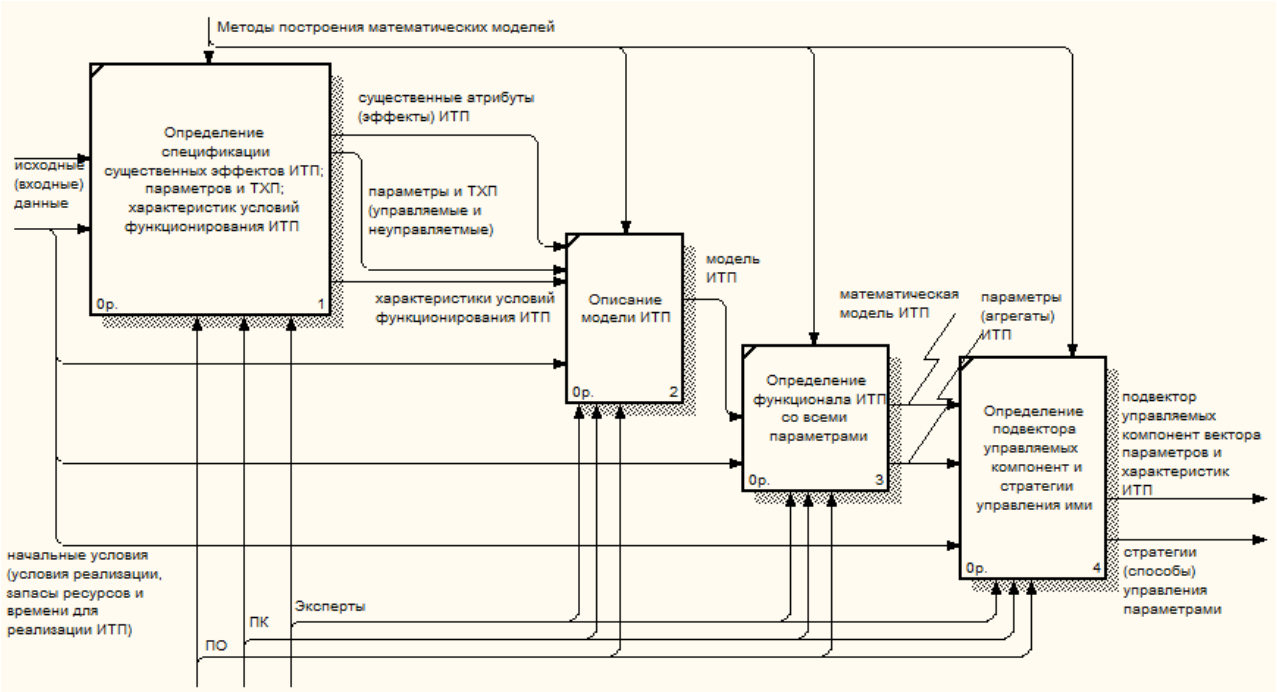


Рис. 3. Детализация процесса «Построение модели системы»
Fig. 3. Details of the process of "Building a model system"

При некоторых исходных условиях в рамках задачи синтеза к входным (управляющим) «сигналам» можно отнести и значения показателя $K^{(2)}_{\langle n_2 \rangle}$ расходуемых ресурсов, характеристик $X''_{\langle l'' \rangle}$ условий применения ИТП и показателя $T_{\langle n \rangle}$ требуемого качества результатов ИТП.

Символ (t) может обозначать различные промежутки времени, например, момент оценивания эффективности ИТП и принятия решения о его качестве или момент внедрения ИТП, в остальных случаях это текущее время, принимающее значения из интервала $\lfloor t_0, t_p \rfloor$. Несмотря на то, что все характеристики модели с течением времени изменяются, многие из них в течение времени τ целесообразно считать постоянными. Однако, применительно ко всему жизненному циклу ИТП подобное допущение неправомерно и изменение его характеристик от времени должно учитываться.

Еще одна важная особенность моделей ИТП заключается в том, что запасы ресурсов и времени (выступающие «входными сигналами»), оставшиеся после их расходования, характеризуют качество результатов реализации проекта (величину целевого эффекта) и становятся «выходными сигналами». Данное свойство модели ИТП позволяет выполнять оценивание его результатов комплексно, то есть во взаимосвязи и соотнесении (сопоставлении) целевого эффекта с израсходованными на его получение ресурсами и временем, с учетом предъявляемых к совокупным результатам ИТП требований (в замкнутой схеме).

Другая особенность модели ИТП заключается в том, что, поскольку количество израсходованных ресурсов и времени $K^{(2)}_{\langle n_2 \rangle}$, $K^{(3)}_{\langle n_3 \rangle}$ отражено в показателе $K_{\langle n \rangle}$, основной ее функцией является адекватное описание данного показателя. Однако в рамках оценивания эффективности ИТП в ее показатели параметры $C_{\langle m \rangle}$ в явном виде могут не входить. Применительно к задачам анализа и синтеза в выражения, описывающие модель ИТП, в явном виде должны входить лишь управляемые агрегированные параметры $Y_{\langle r \rangle}$. То есть при оценивании эффективности модель ИТП может быть рассмотрена в виде «черного ящика», на вход которого поступают ресурсы $K^{(2)}_{\langle n_2 \rangle}$, $K^{(3)}_{\langle n_3 \rangle}$, а на выходе появляются результаты $K_{\langle n \rangle} = \left\langle K^{(1)}_{\langle n_1 \rangle}, K^{(2)}_{\langle n_2 \rangle}, K^{(3)}_{\langle n_3 \rangle} \right\rangle$. При решении данных задач известными становятся управляемые параметры $Y_{\langle r \rangle}$.

Отметим, что математические модели ИТП носят вероятностный характер (то есть являются стохастическими).

Таким образом, основная особенность моделей ИТП заключается в том, что они описывают процесс функционирования и применения проектов не как процесс изменения их состояния во вре-

мени, а как преобразование имеющихся в системе ресурсов $K^{(2)}_{\langle n_2 \rangle}$, $K^{(3)}_{\langle n_3 \rangle}$ в обусловленный задачей реализации ИТП необходимый целевой эффект $K^{(1)}_{\langle n_1 \rangle}$.

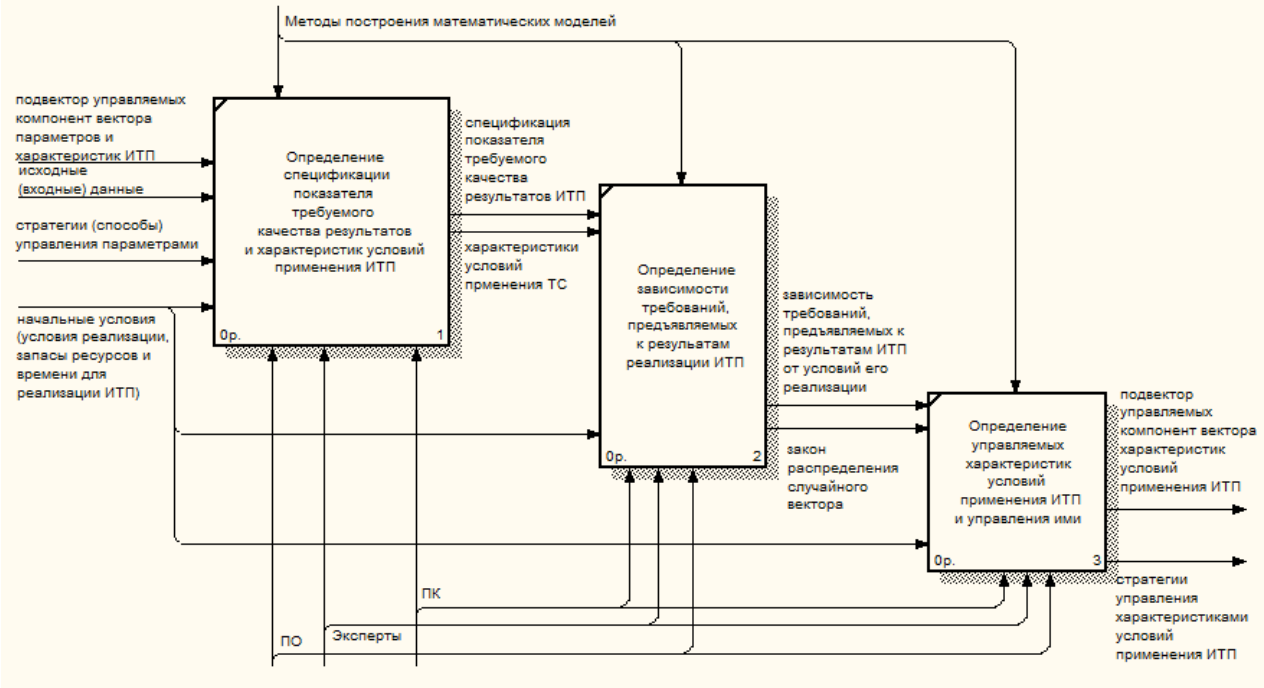


Рис. 4. Детализация процесса «Построение модели ситуации»
Fig. 4. Details of the process of "Building a situation model"

Работа выполнена при финансовой поддержке поддержке гранта РФФИ № 15-07-01711

Список литературы
References

1. Бусленко, Н.П. Лекции по теории сложных систем / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников, И.Н. Коваленко. – М.: Сов. Радио, 1973. – 439с.

Buslenko, N.P. Lekcii po teorii slozhnyh sistem / N.P. Buslenko, V.V. Kalashnikov, I.N. Kovalenko. – M.: Sov. Radio, 1973. – 439s.

2. Lomazov, V.A. An assessment of regional socio-economic projects / V.A. Lomazov, V.S. Nehotina // Jekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO. 2013. № 3. s. 190-193.

Lomazov, V.A. An assessment of regional socio-economic projects / V.A. Lomazov, V.S. Nehotina // Economics, statistics and Informatics. Bulletin UMO. 2013. No. 3. P. 190-193.

3. Винтаев, В.Н. К вопросу об оценивании ИТ-проектов / В.Н. Винтаев, В.С. Нехотина, А.Л. Чеглаков // Проблемы, идеи, тенденции в общественных, технических, гуманитарных и естестевенных науках в свете современных исследований. 25 -26 мая 2015года, г. Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во «КультИнформПресс», 2015. – С. 11- 12.

Vintaev, V.N. K voprosu ob ocenivanii IT-proektov / V.N. Vintaev, V.S. Nehotina, A.L. Cheglakov // Problemy, idei, tendencii v obshhestvennyh, tehnicheskih, gumanitarnyh i estestevennyh naukah v svete sovremennyh issledovanij. 25 -26 maja 2015goda, g. Sankt-Peterburg. – SPb.: Izd-vo «Kul'tInformPress», 2015. – S. 11- 12.

4. Ломазов В.А. Когнитивная модель процесса принятия решения при выборе методов оценивания ИТ-проектов / В.А. Ломазов, С.И. Маторин, В.С. Нехотина // Фундаментальные исследования. 2015. № 6-3. С. 490-496.

Lomazov V.A. Kognitivnaja model' processa prinjatija reshenija pri vybore metodov ocenivanija IT-proektov / V.A. Lomazov, S.I. Matorin, V.S. Nehotina // Fundamental'nye issledovanija. 2015. № 6-3. S. 490-496.

5. Ломазов, В.А. Поддержка принятия решений при оценивании ИТ-проектов / В.А. Ломазов, В.И. Ломазова, В.С. Нехотина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 3-2. С. 170-173.

Lomazov, V.A. Podderzhka prinjatija reshenij pri ocenivanii IT-proektov / V.A. Lomazov, V.I. Lomazova, V.S. Nehotina // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2015. № 3-2. S. 170-173.

6. Нехотина, В.С. Информационная модель исследования эффективности ИТ-проектов / В.С.Нехотина // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика Информатика. – 2015. – №13(210). – Вып. 35/1. С. 114-121.

Nehotina, V.S. Informacionnaja model' issledovanija jeffektivnosti IT-proektov / V.S.Nehotina // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika Informatika. – 2015. – №13(210). – Vyp. 35/1. S. 114-121.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.021; 519.254

О РАЗРАБОТКЕ ПАКЕТА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЫБОРА КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

ON THE ELABORATION OF A PACKAGE OF COMPUTER DECISION SUPPORT FOR THE CHOICE OF CORRELATION AND REGRESSION MODELS OF ANALYSIS AND FORECAST OF EMPIRICAL DATA

Н.П. Путивцева, Т.В. Зайцева, С.В. Игрунова, Е.В. Нестерова, О.П. Пусная
N.P. Putivzeva, T.V. Zaitseva, S.V. Igrunova, E.V. Nesterova, O.P. Pusnaya

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: putivzeva@bsu.edu.ru, zaitseva@bsu.edu.ru, igrunova@bsu.edu.ru, nesterova@bsu.edu.ru, pusnaya@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье описан процесс разработки пакета компьютерной поддержки принятия решений для выбора корреляционно-регрессионных моделей. В результате анализа литературных источников был сделан вывод, что в существующих статистических и эконометрических пакетах отсутствуют возможности выдачи рекомендаций пользователю по целесообразности использования той или иной регрессионной модели и объяснения выбора оптимальной регрессионной модели, для конкретных данных.

Resume. This article describes the process of elaboration of a package of computer decision support for the choice of correlation and regression models. According to analysis of the literature, it was concluded that the existing statistical and econometric packages don't allow issuing recommendations to the user on whether to use a particular regression model and don't explain the choice of the optimal regression model, for specific data.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, корреляционно-регрессионный анализ, прогнозирование, выбор оптимальной модели, компьютерная поддержка выбора.
Keywords: decision support, correlation and regression analysis, forecasting, selection of the optimal model, computer support of the process of choice.

Введение

Развитие экономики, усложнение экономических процессов и повышение требований к принимаемым управленческим решениям в области макро и микроэкономики потребовало более тщательного и объективного анализа реально протекающих процессов на основе привлечения современных математических и статистических методов.

Потребность в средствах статистического анализа эконометрических данных в различных областях деятельности, особенно в науке, очень велика, что и послужило причиной развития рынка компьютерных программ для статистической обработки эконометрических данных. На современном этапе невозможно представить эконометрическое исследование без применения информационных технологий. В настоящее время исследователю доступно большое количество разнообразных программных продуктов, которые могут быть использованы для решения задач построения регрессионных моделей, описывающих зависимость между эмпирическими данными. Наиболее популярными программными пакетами являются EVies, SPSS, STATA, STATISTICA, S-PLUS, Stadia, STATGRAPHICS, SYSTAT, Minitab.

В результате анализа литературных источников был сделан вывод, что существующие статистические и эконометрические пакеты являются достаточно громоздкими и дорогими. Зачастую они обладают избыточным функционалом, не используемым для учебных расчетов, но значительно усложняющим интерфейс. Бесплатные пакеты представляют собой усеченные расчетные модели. Но самым большим недостатком данных пакетов является отсутствие в представленных пакетах возмож-

ности выдачи рекомендаций пользователю по целесообразности использования той или иной регрессионной модели и о причинах выбора программой оптимальной регрессионной модели, описывающей конкретные эмпирические данные.

В связи с вышесказанным разработка пакета компьютерной поддержки принятия решений для выбора корреляционно-регрессионных моделей представляется актуальной.

Программа представляет собой аналитическую информационную систему для расчета экономических моделей, анализа рассчитанных показателей и выбора на основе анализа наиболее подходящей модели для каждых конкретных эмпирических данных.

Специализированный пакет построения и выбора корреляционно-регрессионных моделей предназначен для решения следующих задач:

- Построение основных моделей парной (линейной и нелинейной) и множественной регрессии;
- Выбор наиболее подходящей модели для описания эмпирических данных (представлено на рисунке 1);
- Оценка параметров;
- Оценка статистической значимости модели и ее параметров;
- Интерпретация результатов, выводы и пояснения системы.

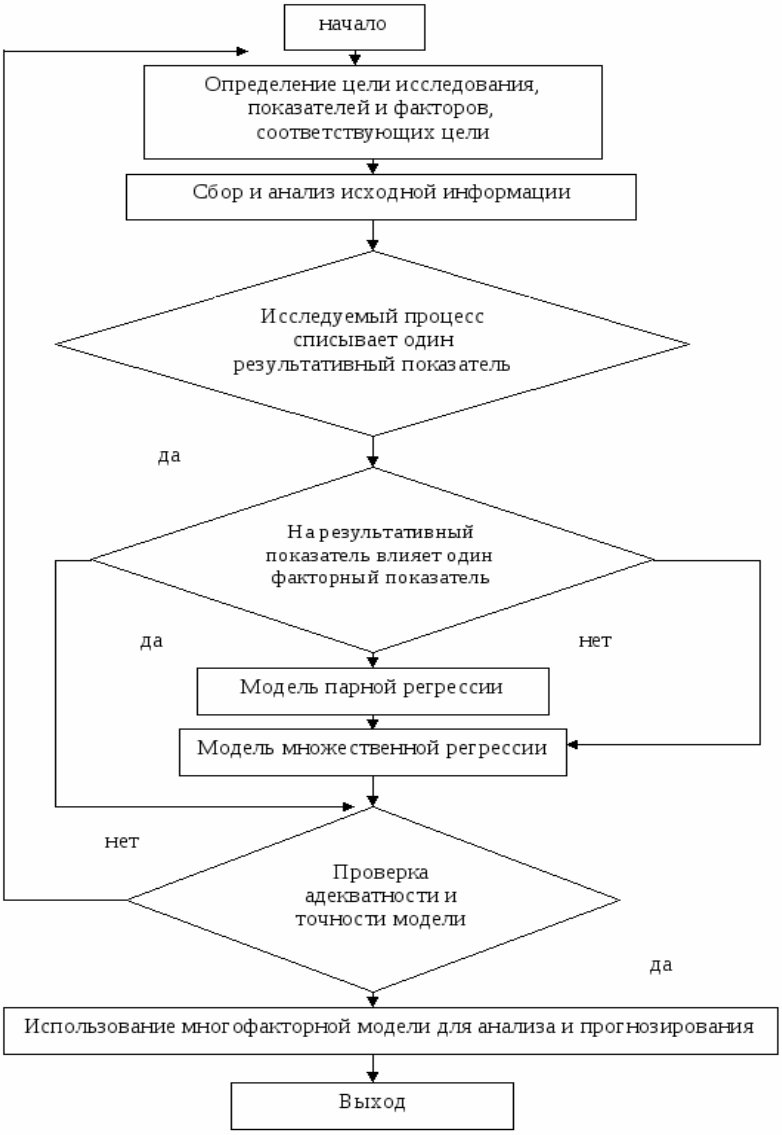


Рис.1. Алгоритм построения регрессионной модели
Fig. 1. An algorithm of construction of the regression model

Выходной информацией системы является:

1. Информация о типе выбранной модели с объяснением выбора наиболее подходящей модели.

2. Информация о параметрах уравнения.
3. Информация об оценке качества полученной модели.
4. Диаграммы.
5. Таблицы с расчетным значением зависимой переменной, точечным и интервальным прогнозом значений зависимой переменной.

Парная регрессия

- линейная $\hat{y}_x = a + b \cdot x$;

- равносторонняя гипербола $\hat{y}_x = a + b / x$;

- степенная $\hat{y}_x = a \cdot x^b$;

- показательная $\hat{y}_x = a \cdot b^x$;

- экспоненциальная $\hat{y}_x = e^{a+b \cdot x}$.

Множественная регрессия

$y = \hat{f}(x_1, x_2, \ldots, x_m)$, где y – зависимая переменная, x_i – независимые, переменные.

Разработанное программное обеспечение предназначено для автоматизированной обработки эмпирической экономической информации и поддержки принятия решений выбора наиболее подходящей модели регрессии для описания имеющихся данных[1].

Выбор модели осуществляется на основе сравнения величин

остаточной дисперсии $\sigma^2_{\text{ост}} = \frac{1}{n}\sum\left(y - \hat{y}_x\right)^2$,

средней ошибки аппроксимации $\bar{A} = \frac{1}{n}\sum\left|\frac{y - \hat{y}_x}{y}\right| \cdot 100\%$,

коэффициента или индекса детерминации $r^2_{xy} = 1 - \frac{\sigma^2_{\text{ост}}}{\sigma^2_{\text{y}}}$, $\rho^2_{xy} = 1 - \frac{\sigma^2_{ост}}{\sigma^2_y}$,

рассчитанных при разных моделях.

Если при выборе между использованием линейной и нелинейной моделей парной регрессии значения соответствующих показателей детерминации близки, система делает вывод о допустимости использования парной линейной регрессии, в противном случае сообщает о невозможности замены нелинейной регрессии линейной. Далее система определяет, к какому классу нелинейных регрессий относится наиболее подходящая для описания эмпирических данных функция. Если регрессия нелинейна по объясняющим переменным, то выполняется линеаризация переменных, если же она нелинейна по оцениваемым параметрам, то система определяет, является ли данная нелинейная модель внутренне линейной или внутренне нелинейной. Если модель является внутренне линейной, система делает преобразование исходной нелинейной модели для приведения ее к линейному виду.

В том случае, если ни одна из полученных моделей парной регрессии не является значимой либо если величина возмущений сравнима с результатами, рассчитанными по построенным моделям, система предлагает построить множественную регрессию, введя дополнительные исходные данные значений того фактора, который целесообразно ввести в модель [4].

При построении моделей множественной регрессии система вначале определяет, будет ли модель множественной регрессии достаточно адекватно отражать зависимость между эмпирическими значениями, или же необходимо построить модели нелинейной множественной регрессии и на основе расчета и сравнения аналогичных показателей выбрать наиболее подходящую модель.

В случае адекватности линейной множественной регрессии система строит уравнение множественной регрессии в стандартизованном и натуральном масштабе переменных, выдает выводы о степени влияния каждого из факторов на зависимый показатель, о том, как ведет себя зависимый показатель при изменении каждого из факторов на единицу при неизменном значении остальных факторов. Система вычисляет критерии Фишера и Стьюдента, определяет статистическую значимость уравнения в целом и отдельных его параметров. На основе расчета и анализа частных критериев Фишера система выдает рекомендации о том, целесообразно ли включать то или иной фактор в уравнение регрессии, и в какой последовательности целесообразно водить факторы в модель множественной регрессии [2]. Алгоритм формирования множества возможных прогностических моделей представлен на рисунке 2.

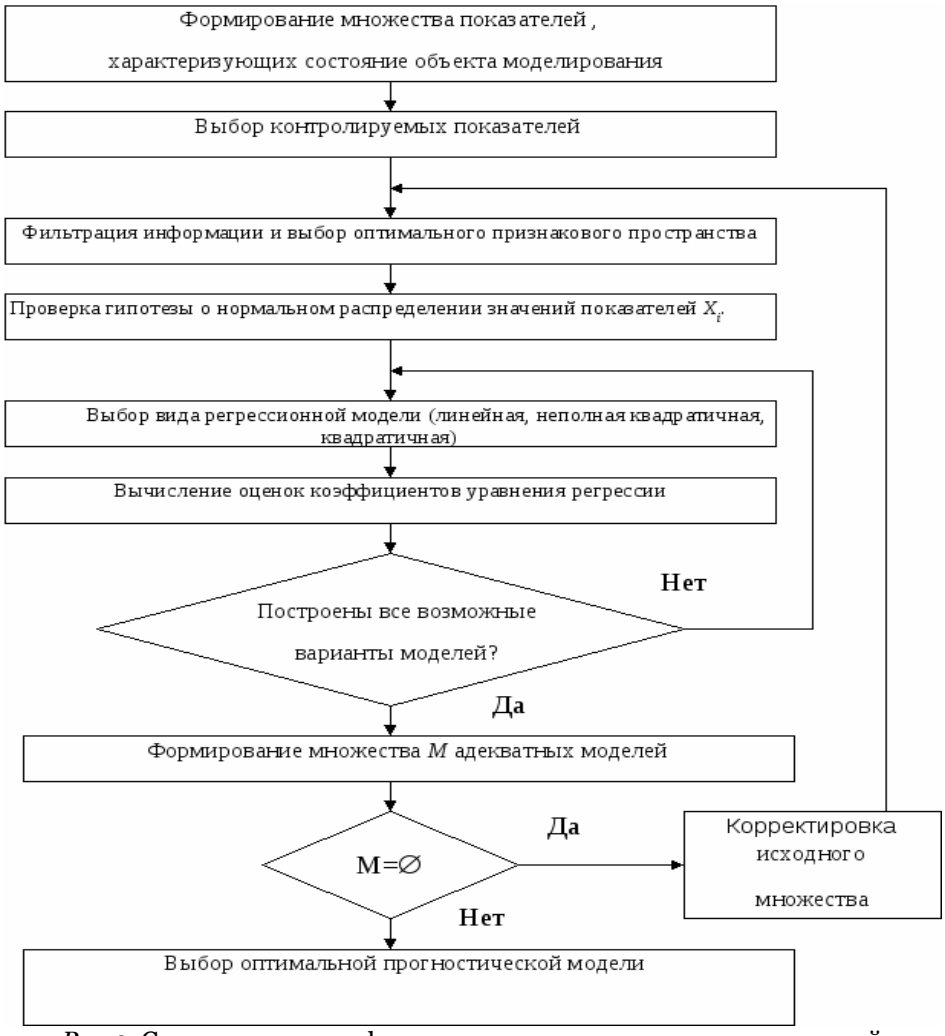


Рис.2. Схема алгоритма формирования прогностических моделей
Fig. 2. Chart of the formation of forecasting models

Общая структура программного комплекса следующая:

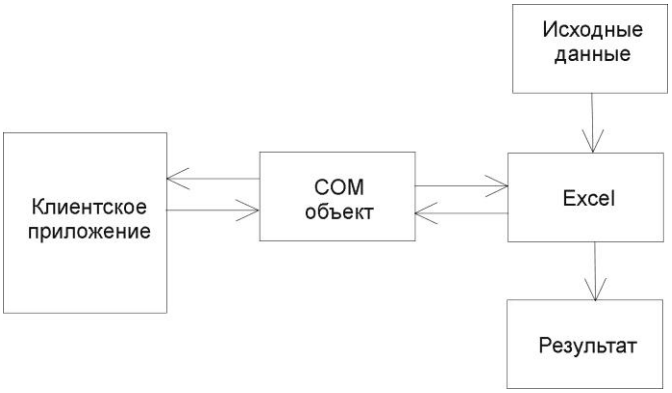


Рис.3. Общая структура программного комплекса
Fig.3. The overall structure of software

Для работы программы исходные данные экспортируются из MS Excel и отображаются на первой закладке программы [5]. Основная форма приложения с загруженными данными представлена ниже на рисунке.

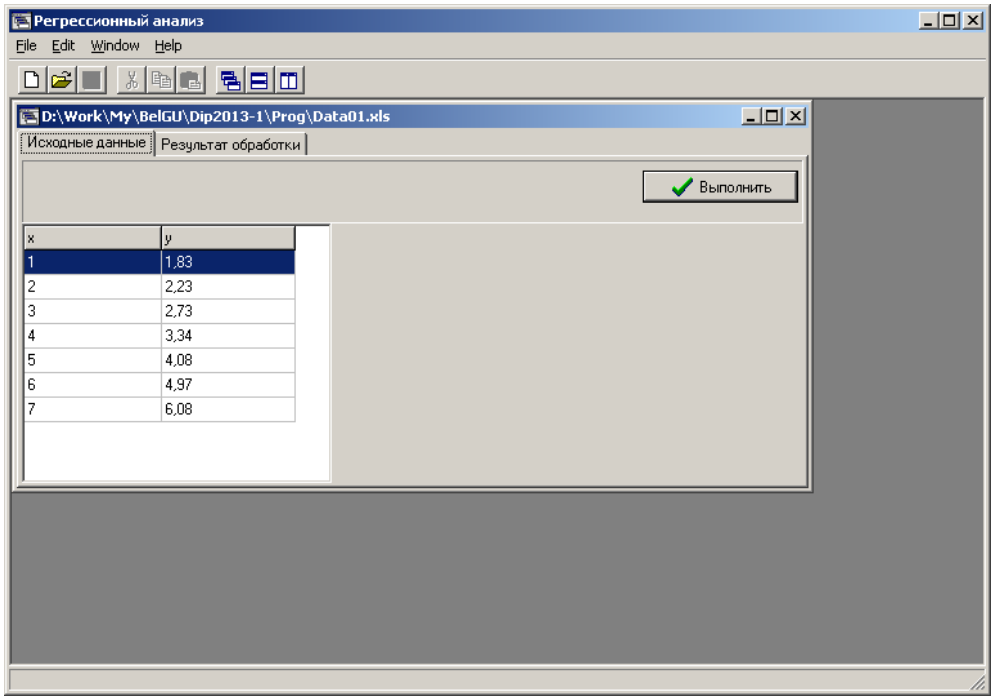


Рис.4. Основная форма MDI-приложения, с импортированными данными
Fig. 4. The main form of MDI-applications with imported data

На второй закладке выводятся результаты расчета по всем вариантам моделей регрессии, и осуществляется выбор оптимальной модели и выдача выводов и рекомендаций (рис 4):

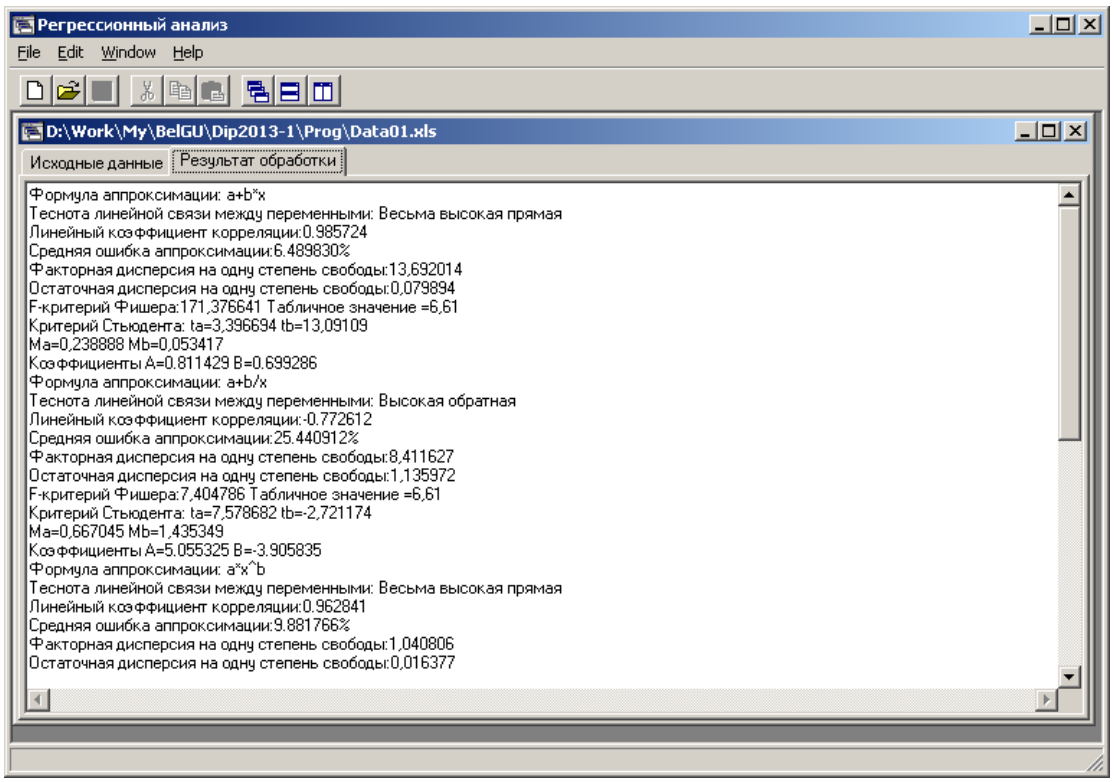
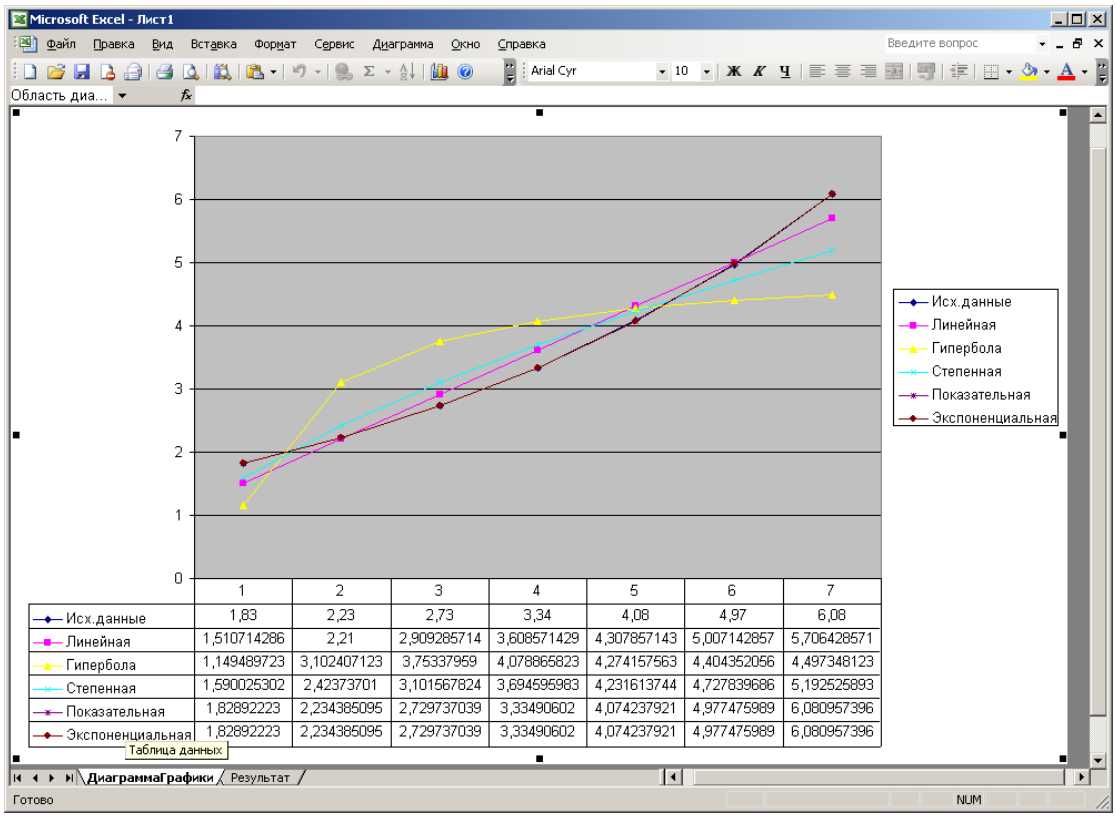


Рис. 5. Результаты расчета моделей парной регрессии
Fig. 5. The results of calculation of models of pair regression

После этого осуществляется запуск Excel через COM-объект и экспорт в Excel таблицы с расчетными данными. Затем через механизм COM-сервера клиентское приложение выполняет управление открытым экземпляром приложения Excel.Application. Следующим шагом создается новый лист с диаграммой для вывода расчетных значений (рис. 5):



	1	2	3	4	5	6	7
Исх.данные	1,83	2,23	2,73	3,34	4,08	4,97	6,08
Линейная	1,510714286	2,21	2,909285714	3,608571429	4,307857143	5,007142857	5,706428571
Гипербола	1,149489723	3,102407123	3,75337959	4,078865823	4,274157563	4,404352056	4,497348123
Степенная	1,590025302	2,42373701	3,101567824	3,694595983	4,231613744	4,727839686	5,192525893
Показательная	1,82892223	2,234385095	2,729737039	3,33490602	4,074237921	4,977475989	6,080957396
Экспоненциальная	1,82892223	2,234385095	2,729737039	3,33490602	4,074237921	4,977475989	6,080957396

Рис. 6. Диаграмма вывода расчетных значений
Fig. 6. Output diagram of calculated values

Заключение

В данной статье был рассмотрен процесс разработки пакета компьютерной поддержки принятия решений для выбора корреляционно-регрессионных моделей. Разработанный пакет осуществляет построение основных моделей парной и множественной регрессии, выбор наиболее подходящей модели для описания эмпирических данных, оценка параметров, оценка статистической значимости модели и ее параметров, интерпретация результатов, выводы и пояснения системы.

Список литературы
References

1. Путивцева Н.П., Игрунова С.В., Зайцева Т.В., Нестерова Е.В., Пусная О.П. Система поддержки принятия решений при выполнении проектов // Научные Ведомости БелГУ. Серия: Экономика. Информатика. - № 7 (204) 2015, выпуск 34/1.- С.170-174.

Putivceva N.P., Igrunova S.V., Zajceva T.V., Nesterova E.V., Pusnaja O.P. Sistema podderzhki prinjatija reshenij pri vypolnenii proektov // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. - № 7 (204) 2015, vypusk 34/1.- S.170-174.

2. Зайцева Т.В., Нестерова Е.В, Игрунова С.В., Пусная О.П., Путивцева Н.П., Смородина Н.Н. Байесовская стратегия оценки достоверности выводов. Научные Ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. - 2012 - №13(132), выпуск 23/1. - С. 180-183.

Zajceva T.V., Nesterova E.V, Igrunova S.V., Pusnaja O.P., Putivceva N.P., Smorodina N.N. Bajesovskaja strategija ocenki dostovernosti vyvodov. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. - 2012 - №13(132), vypusk 23/1. - S. 180-183.

3. Путивцева Н.П., Зайцева Т.В., Нестерова Е.В., Игрунова С.В., Гурьянова И.В. Эконометрика (базовый курс) НИУ «БелГУ» Учебное пособие Белгород: ООО «ГИК», 2013. – 203 с.

Putivceva N.P., Zajceva T.V., Nesterova E.V., Igrunova S.V., Gur'janova I.V. Jekonometrika (bazovyj kurs) NIU «BelGU» Uchebnoe posobie Belgorod: OOO «GIK», 2013. – 203 s.

4. Эконометрика Под редакцией И. И. Елисеевой, М,: Финансы и статистика, -2003 г.

Jekonometrika Pod redakciej I. I. Eliseevoj, M,: Finansy i statistika, -2003 g.

5. Delphi на примерах Пестриков В., Маслобоев А. СПб: БХВ-Петербург 2005 г., 496 с.

Delphi na primerah Pestrikov V., Masloboev A. SPb: BHV-Peterburg 2005 g., 496 s.

УДК 004.891.2, 004.896

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ СОЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR EXPERT ASSESSMENT OF SOCIAL RISKS

М.В. Лифиренко, В.В. Ломакин
M.V. Lifirenko, V.V. Lomakin

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: lifirenko@bsu.edu.ru, lomakin@bsu.edu.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке системы поддержки принятия решений при экспертной оценке социальных рисков. Определен перечень основных социальных рисков, подверженных влиянию техносферы и факторы, которые воздействуют на них. Подготовлена иерархия для принятия решений, отражающая взаимосвязь социальных рисков и факторов, влияющих на них. Обоснован выбор метода принятия решений для реализации системы поддержки принятия решений, и разработана схема взаимодействия экспертной группы с системой. Предложена доработка существующего метода оценки согласованности, которая позволит улучшить обоснованность рекомендаций для повышения согласованности матриц парных сравнений. Предложенные подходы позволят реализовать систему поддержки принятия решений при экспертной оценке социальных рисков.

Resume. The article is devoted to the development of decision support systems for the expert assessment of social risks. A list of major social risks was made. This risks are exposed by the technosphere and the factors that effect on them were determined. The hierarchy for decision making was constructed that represents the relationship of social risks and the factors influencing on them. The choice of the decision-making method was substantiated for the implementation of decision support systems. The scheme of interaction between expert group and the system was developed. A revision of the existing method of coherence valuation was proposed, which will improve the validity of recommendations for increasing of the pairwise comparisons matrix coherence. The proposed approaches will enable to implement a decision support system for the expert assessment of social risks.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, экспертная система, согласованность матриц парных сравнений, социальные технологии, социальные риски.
Keywords: decision support system, expert system, coherence matrix of pairwise comparisons, social technology, social risks.

В современных условиях оценка риска является важным элементом теоретической базы принятия решений в политике и экономике. Установление причинно-следственных связей между параметрами, характеризующими неоднородность техногенных факторов и возможными негативными социальными последствиями, а также количественная оценка вероятности наступления последних позволяют организовать прогнозирование социальных рисков.

До сих пор несогласованность позиций специалистов в отношении сущности данного процесса порождает разрозненность и противоречивость подходов к его регулированию и совершенствованию. Разрозненность теоретических позиций в данной отрасли научных знаний порождает соответствующие проблемы в социальной практике. Поэтому в данной ситуации необходимы инструментальные средства, позволяющие проводить оценку социальных рисков и взаимосвязей между факторами по широкому кругу критериев. Также такие средства актуальны по причине того, что каждый риск должен оцениваться применительно к определенной сфере обитания человека.

Нами предлагается применение метода анализа иерархий, позволяющего проводить независимые экспертные оценки как численные, так и качественные и получать итоговый результат, учитывающий мнение всей группы экспертов. На практике для применения данного метода необходимо создание информационного обеспечения для принятия решений в форме иерархий целей, критериев и альтернатив. Система поддержки принятия решений (СППР)[1] позволяет производить многокритериальную оценку альтернатив на основании экспертного оценивания, эмпирических данных и статистических данных. Такие функциональные возможности обеспечиваются за счет применения метода анализа иерархий и его модификаций. Основная особенность данной системы состоит в том, что выходные результаты рассчитываются не только по объективным показателям, но и по субъективным (предпочтениям людей). Таким образом, в условиях отсутствия точных математических средств описания предлагаемая нами система оценки социальных рисков и выработки антирисковых управляющих решений главным образом основывается на формальном представлении человеческого опыта и интуиции.

В ходе анализа особенностей практического применения МАИ [2,3] в социально-экономической сфере нами предложена следующая схема взаимодействия экспертов с СППР и ее отдельными модулями (см. рис. 1).

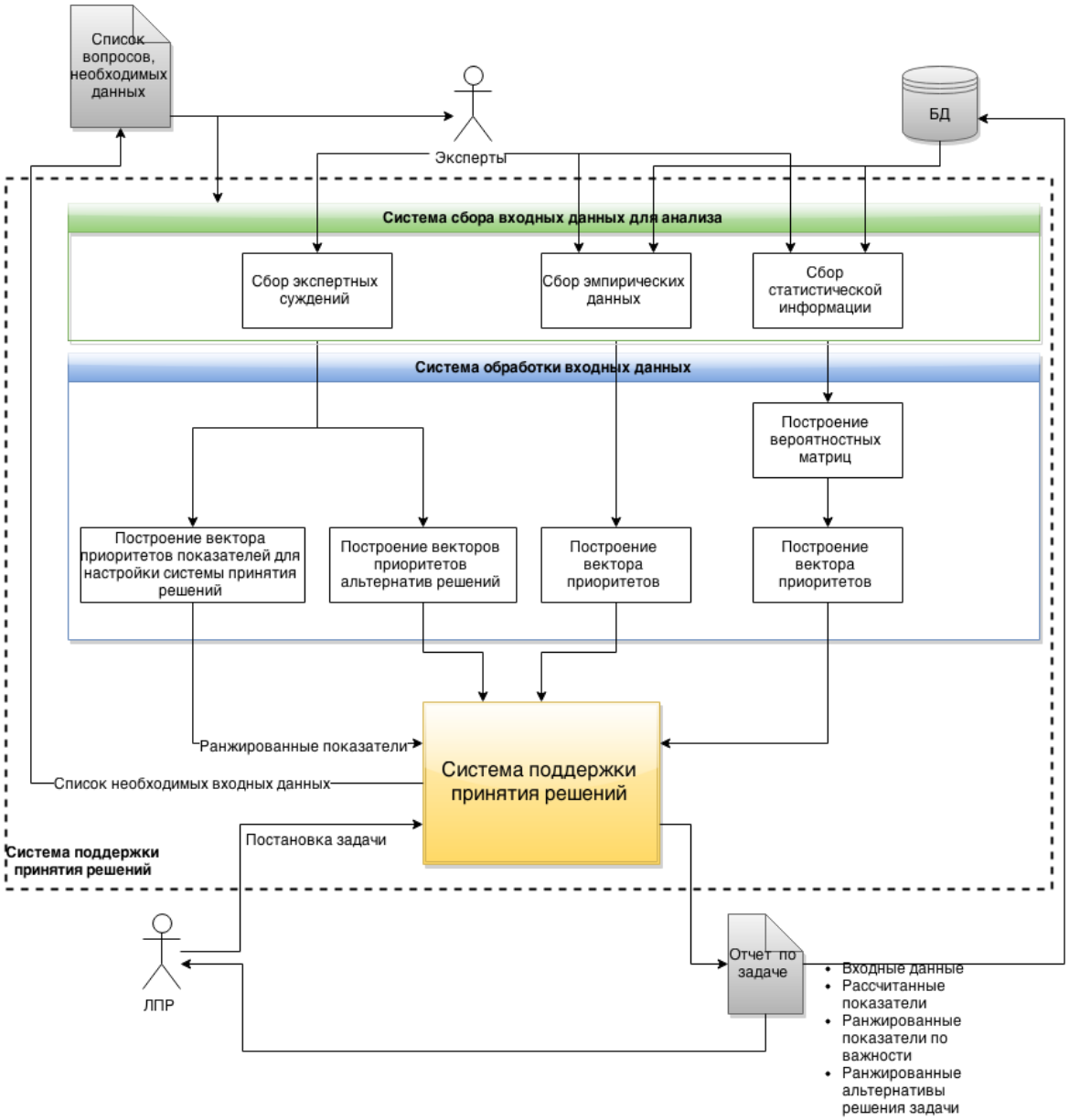


Рис. 1. Схема взаимодействия экспертов с системой поддержки принятия решений
Fig. 1. Scheme of interaction expert decision support system

На схеме (рис. 1) выделены отдельные блоки системы:

1) База данных – хранит накопленную информацию в ходе работы системы (оценки, утверждения, правила, взаимосвязи между сущностями и данными);

2) Система сбора входных данных для анализа – позволяет собирать данные из трех источников: экспертные оценки, эмпирические данные и статистика;

3) Система обработки входных данных – подготавливает входные данные для расчетов и приводит их к унифицированному виду;

4) Ядро системы поддержки принятия решений – производит построение взаимосвязей располагаемой информации между собой и осуществляет расчет вероятности или приоритетности того или иного варианта.

В ходе проведенных исследований [5] был получен перечень основных социальных рисков, подверженных влиянию техносферы:

- ухудшение демографической ситуации;
- безработица;
- маргинализация населения;
- вынужденная миграция;
- дезадаптация;

- снижение качества жизни;
- рост преступности;
- рост социальной напряженности;
- рост протестной активности;
- рост терроризма.

Предложенная нами иерархия оценки социальных рисков согласно методу анализа иерархий выглядит следующим образом [1] (см. рис. 2).

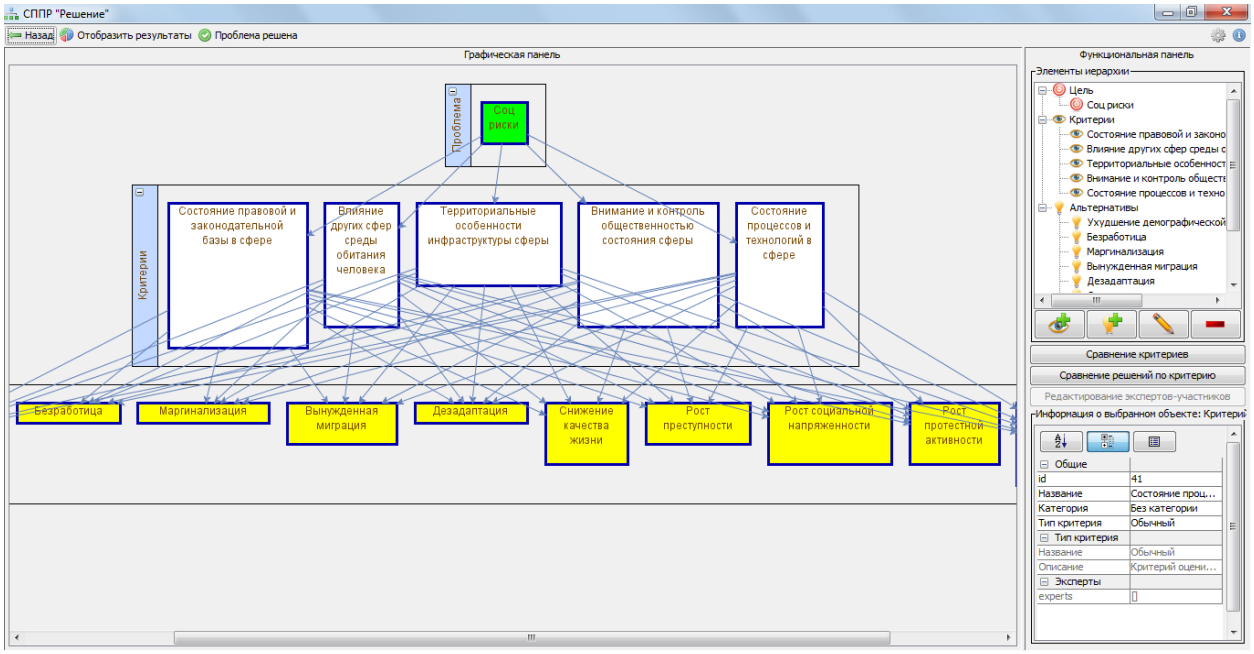


Рис. 2. Иерархия оценки социальных рисков в СППР «Решение»
Fig. 2. Hierarchy of social risks in the DSS "Decision"

При практическом применении метода анализа иерархий с большим количеством критериев и альтернатив, как в представленном нами случае, имеют место сложности в получении согласованных матриц парных сравнений (МПС), что может повлиять на точность вычисляемых весомостей.

Процедура принятия решений на основе МАИ подразумевает проведение достаточно большого числа парных сравнений. Количество парных сравнений зависит от числа выбранных лицом принимающим решение (ЛПР) критериев и альтернатив и числа участвующих в опросе экспертов. Общее количество парных сравнений N может достигать достаточно большого значения, и его можно рассчитать по формуле:

$$N = \frac{e \cdot k \cdot n \cdot (n-1) + k \cdot (k-1)}{2}, \qquad (1)$$

где e – общее количество экспертов, которое оценивает альтернативы решений по всем критериям,

k – количество критериев, по которым производится сравнение альтернатив,

n – количество альтернатив решений рассматриваемой проблемы.

Так как предлагаемая нами иерархия достаточно объемна ($N \geq 470$), то целесообразно в процессе опроса применять новые методы оценки согласованности суждений эксперта и методы повышения степени согласованности.

В статье [4] были предложены алгоритмы, позволяющие осуществлять поддержку эксперта при повышении степени согласованности МПС. Практика использования данного подхода позволяет проводить оценку согласованности отдельных парных сравнений, но такой подход не всегда приводил к верным результатам. Анализ выявленных проблем показал, что вычисление матрицы косинусов углов по векторам, составленным только лишь из строк МПС, дает менее точный результат, так как имеют место парные сравнения. В связи с этим предлагается расчет среднего косинуса угла для пар векторов, составленных из строк и столбцов элементов МПС. Представим матрицу парных сравнений следующим образом:

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

При расчете среднего косинуса угла для пар векторов предложенная в [4] формула расчета косинуса угла ψ_{ij} изменится:

$$\psi_{ij}=\frac{\psi^{line}{}_{ij}+\psi^{column}{}_{ij}}{2}=\frac{\dfrac{\sum_{k=1}^{n} a_{ik}\cdot a_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} a_{ik}^2 \sum_{k=1}^{n} a_{jk}^2}}+\dfrac{\sum_{k=1}^{n} a_{ki}\cdot a_{kj}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} a_{ki}^2 \sum_{k=1}^{n} a_{kj}^2}}}{2} \quad (3)$$

Изменение формулы не повлияет на последовательность дальнейших вычислений, описанных в [4].

Проиллюстрируем применение предложенного подхода на примере конкретной МПС. Предположим, что при оценке альтернатив эксперт получил МПС A_1. Здесь допущена ошибка: $a_{13}=1/8$, хотя должно быть $a_{13}=8$:

$$A_1=\begin{pmatrix} 1 & 4 & 1/8 & 2 \\ 1/4 & 1 & 2 & 1/2 \\ 8 & 1/2 & 1 & 1/4 \\ 1/2 & 2 & 4 & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где ОС=1,045.

Перед экспертом возникает задача корректировки матрицы, так как имеет место высокое ОС. Рассчитаем матрицы косинусов углов и сравним скорректированные МПС, получаемые с их помощью по описанному алгоритму автоматической корректировки [4]:

$$\Psi^{line}=\begin{pmatrix} 1 & 0{,}52 & 0{,}287 & 0{,}52 \\ 0{,}52 & 1 & 0{,}248 & 1 \\ 0{,}287 & 0{,}248 & 1 & 0{,}248 \\ 0{,}52 & 1 & 0{,}248 & 1 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$\Psi^{column}=\begin{pmatrix} 1 & 0{,}248 & 0{,}287 & 0{,}248 \\ 0{,}248 & 1 & 0{,}52 & 1 \\ 0{,}287 & 0{,}52 & 1 & 0{,}52 \\ 0{,}248 & 1 & 0{,}52 & 1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$$\Psi^{total}=\frac{\Psi^{line}+\Psi^{column}}{2}=\begin{pmatrix} 1 & 0{,}384 & 0{,}287 & 0{,}384 \\ 0{,}384 & 1 & 0{,}384 & 1 \\ 0{,}287 & 0{,}384 & 1 & 0{,}384 \\ 0{,}384 & 1 & 0{,}384 & 1 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Получим на основе матриц косинусов углов Ψ^{line}, Ψ^{column}, Ψ^{total}, соответствующие скорректированные МПС A^{line}, A^{column}, A^{total}:

$$A^{line}=\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1/3 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1/9 & 1 \\ 3 & 9 & 1 & 5 \\ 1 & 1 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$A^{column}=\begin{pmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 & 1/9 \\ 5 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 1/2 \\ 9 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad (9)$$

$$A^{total} = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 9 & 2 \\ 1/4 & 1 & 2 & 1/2 \\ 1/9 & 1/2 & 1 & 1/4 \\ 1/2 & 2 & 4 & 1 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Сравнив полученные МПС A^{line}, A^{column}, A^{total}, мы убеждаемся в том, что подход оценки согласованности на основе векторов из элементов строк МПС и векторов из элементов столбцов работает эффективнее, так как матрица A^{total} исправляет ошибочное парное сравнение матрицы A_1. Таким образом, данный подход позволит экспертам контролировать процесс оценивания и повышать степень доверия к получаемым результатам.

Разрабатываемая СППР позволит проводить многокритериальный анализ социальных рисков, что предоставит возможность получить более точные результаты по сравнению с известными применяемыми в этой сфере декларативными методами. Предложенные информационные средства позволят автоматизировать процесс получения входной информации (экспертной, статистической и эмпирической), при этом участникам опроса доступны только свои данные. Кроме того, в системе используется оценка меры противоречивости введенных данных и возможно произвести численную оценку логической достоверности получаемого результата. СППР можно использовать через интернет, что позволяет значительно увеличить количество участников анализа социальных рисков, а также проводить опросы удаленно.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №14-38-00047 «Прогнозирование и управление социальными рисками развития техногенных человекомерных систем в динамике процессов трансформации среды обитания человека»

Список литературы
References

1. Ломакин, В.В. Система поддержки принятия решений с автоматизированными средствами корректировки суждений экспертов / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2014. - №1(172) выпуск 29/1. – С. 114–120.

Lomakin, V.V. Sistema podderzhki prinjatija reshenij s avtomatizirovannymi sredstvami korrektirovki suzhdenij jekspertov / V.V. Lomakin, M.V. Lifirenko // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika - 2014. - №1(172) vypusk 29/1. – S. 114–120.

2. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – Москва: Радио и связь, 1993.– 278 с.

Saati, T. Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij / T. Saati. – Moskva: Radio i svjaz', 1993.– 278 s.

3. Lomakin V.V., Lifirenko M.V., Supporting tools for decision making in the outdoor lighting control systems, Research Journal of Applied Sciences, vol. 9, issue 12, pp. 1185-1190, 2014.

Lomakin V.V., Lifirenko M.V., Supporting tools for decision making in the outdoor lighting control systems, Research Journal of Applied Sciences, vol. 9, issue 12, pp. 1185-1190, 2014.

4. Ломакин, В.В. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко // Фундаментальные исследования. –2013. – №11.– С.1798-1803.

Lomakin, V.V. Algoritm povyshenija stepeni soglasovannosti matricy parnyh sravnenij pri provedenii jekspertnyh oprosov / V.V. Lomakin, M.V. Lifirenko // Fundamental'nye issledovanija. –2013. –№11.– S.1798-1803.

5. Асадуллаев, Р.Г. Формальные средства прогнозирования и управления социальными рисками / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2015. - №13(210) вып. 35/1. – С. 150–156.

Asadullaev, R.G. Formal'nye sredstva prognozirovanija i upravlenija social'nymi riskami / R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika - 2015. - №13(210) vyp. 35/1. – S. 150–156.

УДК 004.891.2

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ РИСКОГЕННОГО КОМПЛЕКСА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

INFORMATION SYSTEM FOR ASSESSMENT OF RISK-TAKING COMPLEX OF HUMAN ENVIRONMENT

Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, А.В. Кисиленко
R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin, A.V. Kisilenko

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: asadullaev@bsu.edu.ru, lomakin@bsu.edu.ru, kisilenko@bsu.edu.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке структуры информационных средств оценки рискогенного комплекса среды обитания человека. Определены зависимости между сферами обитания человека и социальными рисками, позволяющие оценить степень влияния сферы на каждый социальный риск и интегрировать вклад каждой сферы в развитие отдельно взятого социального риска. Разработаны формальные средства в виде лингвистических переменных, отражающие статистические данные, полученные в результате полевых исследований и позволяющие произвести формализацию факторов и параметров воздействия на социальные риски. Обоснованы общие принципы построения лингвистических переменных для оценки социальных рисков по выявленным сферам обитания. Разработана нечеткая база знаний, оценивающая уровень риска развития социальной напряженности. Спроектирована структура информационной системы оценки рискогенного комплекса среды обитания человека с учетом разработанных формальных средств и выявленных зависимостей, позволяющая реализовать процессы мониторинга и управления социальными рисками.

Resume. The article is devoted to the development of the information tools for assessment of risk-taking complex of human environment. The dependences between the areas of human habitation and social risks were identified to assess the degree of influence on the scope of every social risk and to integrate the contribution of each area to the progress of individual social risk. The formal means in the form of linguistic variables were developed which reflect the statistical data obtained from field investigations and permit perform the formalization of the factors and parameters of exposure to social risks. The general principles of the linguistic variables construction were substantiated to assess the social risks in the identified areas of human environment. Fuzzy knowledge base was developed which can assess the level of risk of social tension. The information system structure was developed, which takes into account the obtained formal means and identified dependencies and makes possible the implementation of the social risks monitoring and management.

Ключевые слова: экспертная система, база знаний, информационная система управления, социальные технологии, социальные риски.
Keywords: expert system, knowledge base, automatic control system, social technology, social risks.

Процесс оценки рискогенного комплекса среды обитания человека представляет собой многокритериальную задачу с параметрами различной природы. Задача осложняется высокой инерционностью данного процесса, которая вызывает необходимость многократных измерений реакции объекта управления на достаточно большом интервале времени. Кроме того, применение классических подходов в процессе оценки рискогенного комплекса среды обитания человека дополнительно осложняется необходимостью прогнозирования процесса развития социальных рисков. При этом каждый риск оценивается применительно к определенной сфере обитания человека. Множество сфер обитания (МСО), включает следующие элементы:

- природно-экологичекая сфера (ПЭС);
- техногенная сфера (ТС);
- социокультурная сфера (СКС);
- информационная сфера (ИС).

Таким образом, каждый элемент множества МСО оказывает в определенной степени влияние на динамику изменения рискогенного комплекса среды обитания человека. В работе [1] выделено 4 риска, составляющих множество рисков (МР), оценка которых представляет наибольший интерес с точки зрения управления рискогенным комплексом:

- снижение качества жизни (СКЖ);
- рост социальной напряженности (РСН);
- рост вынужденной миграции (РВМ);
- рост социальной неопределенности в регионе (РСНР).

Таким образом, вытекает необходимость разработки средств определения социальных рисков по каждой из перечисленных сфер обитания человека с последующим проведением интеграции данных показателей для оценки общей картины развития рисков в функциональной зависимости от выявленных факторов и параметров. В работе [1] указывалось, что процесс оценки рискогенного комплекса среды обитания человека является слабоструктурированным и многокритериальным, при

этом в оценке участвуют параметры различной природы с размытыми границами. Исходя из этого целесообразно использование аппарата нечетких множеств, позволяющего учесть специфику исследуемой предметной области и формализовать данные с размытыми границами.

Зависимость между социальными рисками и сферами можно выразить при помощи отношения, формализованного в виде матрицы R=MCOxMP. На пересечении строк и столбцов a_{ij} указывается сила влияния результатов оценки сферы на каждый социальный риск.

R	СКЖ	РСН	РВМ	РСНР
ПЭС	a11	a12	a13	a14
ТС	a21	a22	a23	a24
СКС	a31	a32	a33	a34
ИС	a41	a42	a43	a44

Следовательно, необходимо разработать средства оценки влияния сфер обитания человека на каждый социальный риск в отдельности, при этом нечеткая база знаний будет строиться в трехмерном пространстве. Это обусловлено следующими причинами:

- подобный подход делает базу знаний наглядной для разработчика;
- нечеткий логический вывод база знаний будет состоять из нескольких последовательно соединенных баз знаний, что упрощает процедуру редактирования знаний, так как отсутствуют длинные и сложные зависимости между параметрами;
- удобство написания правил от двух параметров.

Исходя из этого, по каждому социальному риску необходимо определить параметры, оказывающие влияние на его развитие с последующей формализацией в форме лингвистических переменных. При этом в зависимости от результатов исследования для каждой сферы эти границы влияния параметров могут изменяться.

Проведем формализацию нечеткого логического вывода на примере оценки риска РСН в техносфере [2]. На динамику формирования социального риска оказывают влияние следующие факторы:

- индекс социального влияния техногенных чрезвычайных ситуаций (ИСВ), определяющий наиболее весомые из угроз техносферы (чрезвычайные ситуации, которые наиболее вероятно вызывают реализацию социальных рисков);
- индекс эффективности мер повышения и обеспечения техногенной безопасности (ИЭМПОТБ).

ИСВ рассчитывается в диапазоне [0..1]. Проведенное исследование выявило, что диапазон изменения ИСВ делится на 3 основные группы, которые были формализованы при помощи нечетких переменных (низкий, средний, высокий). Формализация ИСВ при помощи трех нечетких переменных обусловлена статистическими данными, которые разбивают интервал ИСВ на 3 основные области, которые и покрывают нечеткие переменные. Функции принадлежности данного индекса представлены на рисунке 1.

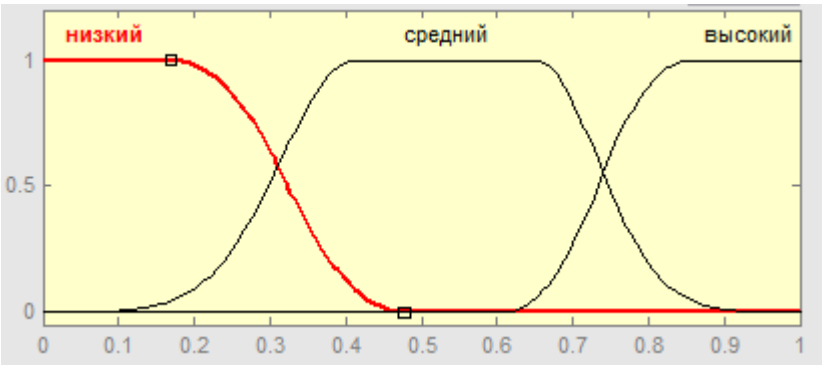


Рис. 1. Лингвистическая переменная ИСВ
Fig. 1. Linguistic variable ICV

ИЭМПОТБ рассчитывается в диапазоне [0..100]. Специфика варьирования данного индекса требует выделения 4 нечетких переменных (низкий, средний, выше среднего и высокий). Лингвистическая переменная данного показателя представлена на рисунке 2.

С целью более детальной оценки риска роста социальной напряженности необходимо выделить 5 нечетких переменных в диапазоне [0..1] (низкий, ниже среднего, средний, выше среднего и высокий). Лингвистическая переменная представлена на рисунке 3. Подобное деление на более мелкие диапазоны изменения позволит в конечном результате проводить детальную оценку

социального риска, что позволит формировать наиболее рациональный сценарий управления социальным риском.

Рис. 2. Лингвистическая переменная ИЭМПОТБ
Fig. 2. Linguistic variable IEMPOTB

Разработав все лингвистические переменные (для каждого социального риска по всем сферам обитания), и, построив базы знаний, можно будет проводить корректировку лингвистических переменных, уточняя рабочие области посредством корректировки функций принадлежности нечетких переменных. Это обусловлено и тем фактом, что в процессе функционирования системы проводятся экспертные оценки, уточняющие как правила логического вывода, так и вид лингвистических переменных. Таким образом, вид лингвистической переменной риска роста социальной напряженности для техносферы может кардинальным образом отличаться для социосферы. Данный факт обусловлен степенью влияния каждой из представленных сфер на риски, что выражается как в силе влияния, так и в рабочих диапазонах изменения переменной.

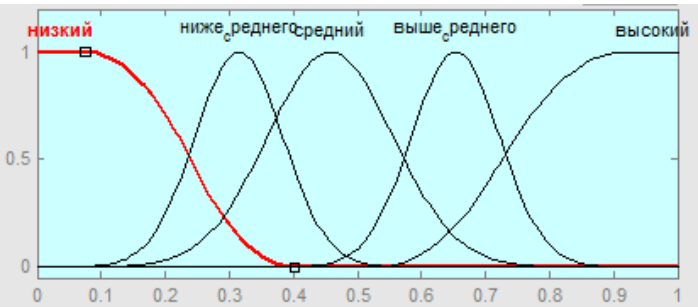


Рис. 3. Лингвистическая переменная РСН
Fig. 3. Linguistic variable RCN

Структура системы расчета социального риска представлена на рисунке 4. На входе 2 переменные, отражающие динамику индексов ИСВ и ИЭМПОТБ, выходная переменная, отражающая зависимость риска от входных переменных и непосредственно база знаний, осуществляющая нечеткий логический вывод на основании метода Мамдани. При построении нечеткого логического вывода использовался программный продукт MatLab [3].

Рис. 4. Структура системы расчета уровня социального риска
Fig. 4. The structure of the system for calculating the level of social risk

На рисунке 5 представлены в графическом виде правила реализации нечеткого логического вывода, позволяющие при задании параметров ИСВ и ИЭМПОТБ получить конкретное значение уровня социального риска.

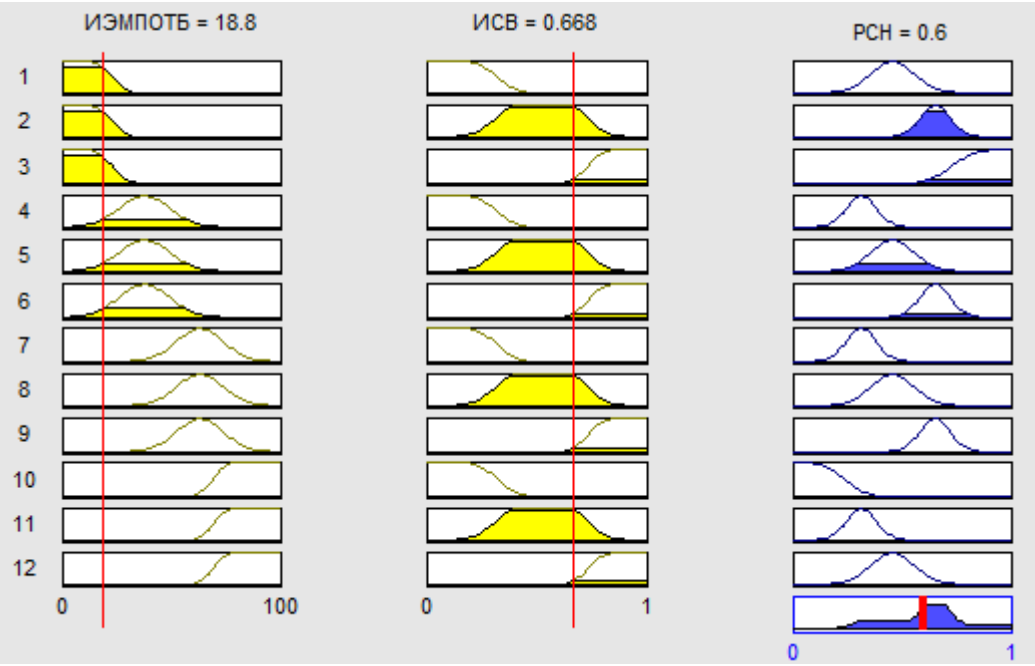


Рис. 5. Нечеткая база знаний
Fig. 5. Fuzzy knowledge base

Из правил, представленных на рисунке 5, видно, что при ИЭМПОТБ=18,8 и ИСВ=0,668 риск роста социальной напряженности РСН=0,6. Графическая интерпретация трехмерной модели нечеткой базы знаний, определяющей риск роста социальной напряженности в зависимости от ИСВ и ИЭМПОТБ, представлена на рисунке 6.

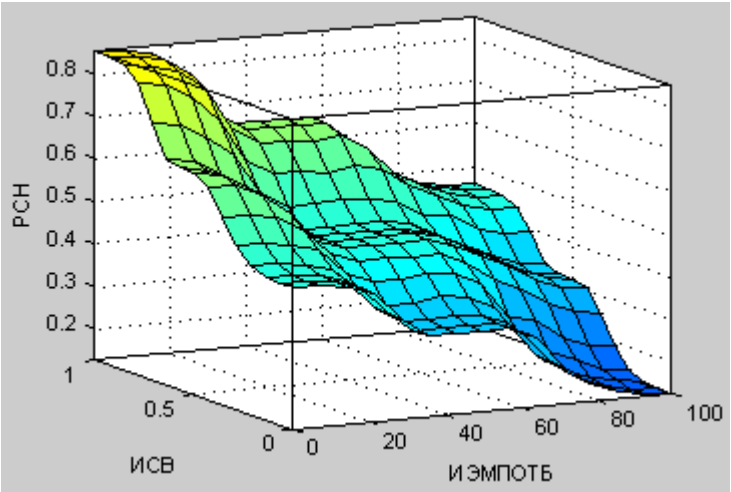


Рис. 6. Графическая интерпретация нечеткой базы знаний
Fig. 6. Graphic interpretation of fuzzy knowledge base

Таким образом, разработан механизм получения нечеткого логического вывода об уровне риска роста социальной напряженности в зависимости от факторов ИСВ и ИЭМПОТБ, определенных для техносферы. В свою очередь факторы ИСВ и ИЭМПОТБ, также являются зависимыми параметрами, для получения которых необходимо описать собственные механизмы нечеткого логического вывода, что подразумевает задание следующих параметров:

- информированность населения (ИН), способ распространения информации в регионе о чрезвычайных ситуациях (средства массой информации, слухи, локально, то есть касалась только участников событий);
- приемлемость уровня техносферной безопасности (ПУТБ) (полностью приемлемый, скорее приемлемый, скорее не приемлемый, полностью не приемлемый);
- вероятность возникновения техногенной чрезвычайной ситуации (ВВТЧС);
- частота возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧВТЧС).

Таким образом, процесс оценки рискогенного комплекса среды обитания человека является итерационным. На первой итерации рассчитываются показатели, формирующие факторы, которые в свою очередь используются на второй итерации для расчета социального риска, при этом последовательное соединение нечетких баз знаний формирует ядро системы по оценке социальных рисков.

Принимая во внимание фактор экспертной оценки, можно формализовать процедуру получения обобщенной оценки конкретного риска в зависимости от элементов МСО с позиции равного влияния на риск. Затем в процессе эксплуатации системы эксперт самостоятельно расставит силы влияния. Таким образом, обобщенная оценка риска роста социальной напряженности K_{PCH} будет выглядеть следующим образом:

$$K_{PCH} = \frac{\sum_{i=1}^{4} K_{PCHi}}{4},$$

где K_{PCHi} - оценка риска РСН по каждой сфере обитания.

Аналогичным образом производятся расчеты для каждого элемента множества МР. Механизм оценки рискогенного комплекса среды обитания человека можно представить в виде следующей последовательности укрупненных действий:

1. Оценка параметров, формирующих факторы – инициаторы социального риска.
2. Расчет факторов на основании нечеткого логического вывода в зависимости от полученных параметров.
3. Оценка уровня социального риска по каждой сфере в зависимости от полученных факторов.
4. Интегрированная оценка социальных рисков по каждой сфере обитания человека.
5. Формирование управляющего сценария с учетом полученной оценки социального риска.

Последний пункт представляет собой результат работы системы, заключающийся в сопоставлении результатам оценки социального риска управляющих сценариев, направленных на понижение угрозы негативных последствий. Для реализации подобного механизма требуется разработка самостоятельной базы знаний, содержащей экспертные суждения по управлению процессом развития социальных рисков. Знания подобного характера не могут быть получены аналитически, так как реакцию на управляющие воздействия оценивают спустя продолжительные периоды времени. В некоторых случаях реакция слабо прослеживается, и только эксперт способен оценить, что послужило причиной подобного поведения системы.

Для реализации указанного механизма с учетом специфики аппарата получения нечеткого логического вывода необходима разработка модульной структуры информационной системы оценки рискогенного комплекса среды обитания человека. Структура системы должна включать в состав модули, способные решать следующие задачи:

- осуществлять мониторинг параметров и факторов, формирующих социальные риски в представленных сферах обитания человека;
- анализировать текущий уровень социального риска;
- проводить экспертный опрос с целью пополнения знаний;
- формировать сценарии развития и управления социальными рисками;
- представлять профиль социального риска, отражающий основополагающие факторы и параметры его формирования.

Пользователями системы являются эксперты и исследователи, задачей которых является изучение и управление рискогенным комплексом с целью предотвращения и предупреждения нежелательных последствий развития социальных рисков.

Структура информационной системы оценки рискогенного комплекса среды обитания человека представлена на рисунке 7.

Все подсистемы взаимосвязаны каналами обмена информацией (линии полужирного начертания). В состав системы входят следующие компоненты (рисунок 7):

- подсистема документирования, предназначенная для обработки запросов подсистем и пользователей к базе данных, посредством которой осуществляется интеграция и синхронизация работы подсистем. В состав подсистемы входит модуль документирования, система управления базой данных и база данных системы, содержащая формализованные результаты исследования рискогенного комплекса в различных разрезах, модуль аутентификации и модуль регистрации.
- подсистема мониторинга социальных рисков, предназначенная для оценки уровня социального риска в зависимости от текущих показателей параметров и факторов, а также для формирования профиля социального риска в разрезах, наиболее удобных для решения конкретных задач. В состав подсистемы входят следующие компоненты:

1) Базы знаний, содержащие правила логического вывода о состоянии уровня социальных рисков в зависимости от текущего состояния факторов, оказывающих влияние на динамику рисков.

При этом базы знаний содержат правила получения уровня факторов в зависимости от формирующих их параметров.

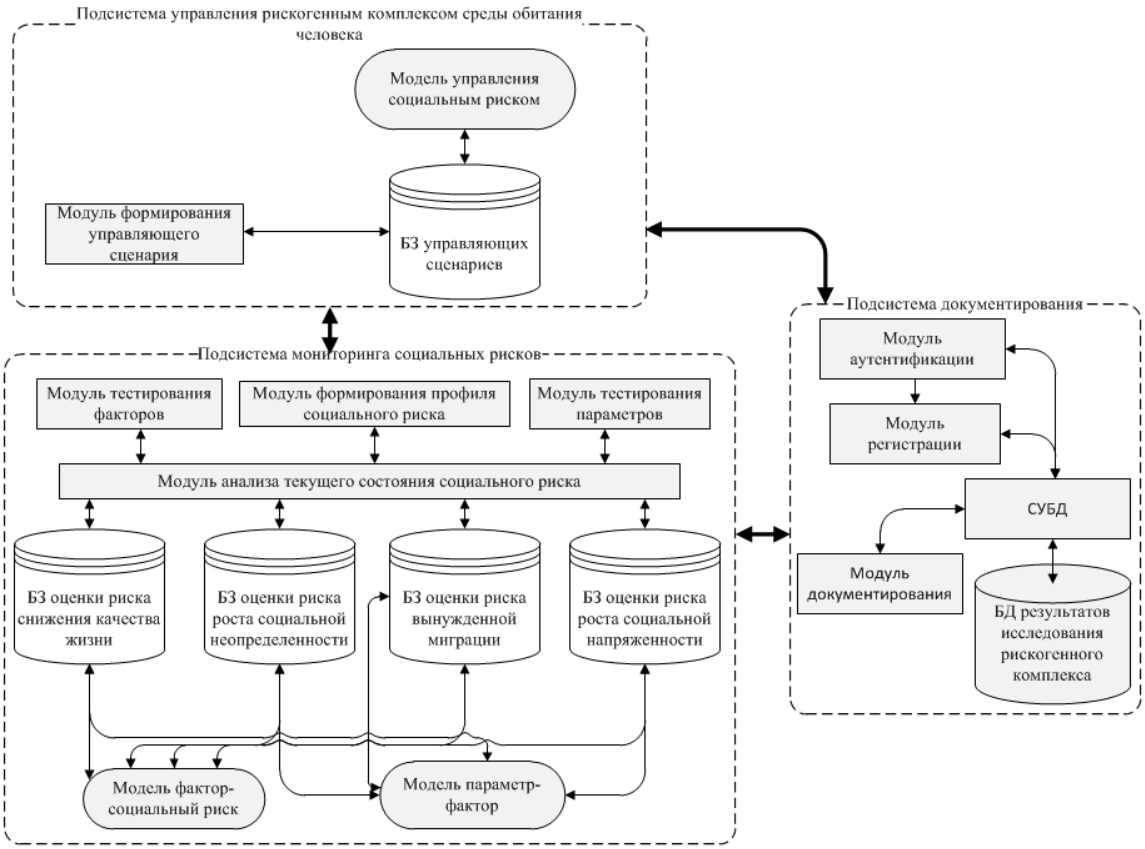


Рис. 7. Структура информационной системы оценки рискогенного комплекса среды обитания человека

Fig. 7. The structure of information system for risk assessment gene complex human environment

2) Модели «фактор-социальный риск» и «параметр-фактор», описывающие зависимости между указанными переменными и являющиеся формальной основой баз знаний.

3) Модуль анализа текущего состояния социального риска, выполняющий функции интерфейса взаимодействия пользователя с системой. Посредством данного модуля осуществляются запросы к базам знаний и аккумуляция результатов, в частности, агрегируются результаты анализа уровня социального риска по 4 сферам жизнедеятельности.

4) Модули тестирования факторов и параметров, предназначенные для оценки экспертами их текущего уровня с целью для анализа социальных рисков.

5) Модуль формирования профиля социального риска. Данный модуль необходим для представления эксперту результатов оценки уровня социального риска в различных разрезах. При этом должны отражаться не только зависимости риска от факторов, но и зависимости от параметров, являющихся инициаторами развития факторов.

- подсистема управления рискогенным комплексом среды обитания человека, предназначенная для формирования управляющих решений с целью оптимизации последствий от развития социальных рисков. В состав подсистемы входят:

1) База знаний управляющих сценариев, содержащая регламент действий по результатам оценки рискогенного комплекса.

2) Модель управления социальным риском, представляющая собой зависимости между уровнем социального риска и подходами по разрешению сложившейся ситуации.

3) Модуль формирования управляющего сценария. Задачей данного модуля является управления представление управляющего сценария в зависимости от результатов, полученных от базы знаний.

В структуре информационной системы (рисунок 7) каждая база знаний представлена как семантически самостоятельная единица, что обусловлено упрощением графической интерпретации системы. Функциональная структура баз знаний подразумевает наличие рабочей памяти, механизма логического вывода, подсистемы заполнения знаний и объяснений, а также подключение к

центральной базе данных. При этом в структуру информационной системы могут быть дополнительно подключены средства поддержки принятия решений, позволяющие эксперту принимать более обоснованные и эффективные решения на основании дополнительного анализа [4].

Таким образом, в результате исследования были получены следующие результаты:

- определена зависимость между сферами обитания человека и социальными рисками;
- построены лингвистические переменные ИСВ, ИЭМПОТБ и РСН, отражающие статистические данные, полученные в результате полевых исследований;
- на примере разработанных лингвистических переменных обоснованы общие принципы построения лингвистических переменных для оценки социальных рисков по выявленным сферам обитания;
- разработана нечеткая база знаний, формирующая заключение об уровне риска развития социальной напряженности, которая служит основой для построения нечетких баз знаний оценки рисков;
- разработана структура информационной системы оценки рискогенного комплекса среды обитания человека, в состав которой входит достаточный набор средств для мониторинга и управления социальными рисками.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №14-38-00047 «Прогнозирование и управление социальными рисками развития техногенных человекомерных систем в динамике процессов трансформации среды обитания человека»

Список литературы
References

1. Асадуллаев, Р.Г. Формальные средства прогнозирования и управления социальными рисками / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2015. - №13(210) вып.35/1. – С. 150–156.

Asadullaev, R.G. Formal'nye sredstva prognozirovanija i upravlenija social'nymi riskami / R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika - 2015. - №13(210) vyp.35/1. – S. 150–156.

2. Землянова, М.А. Техногенная среда обитания человека / М.А. Землянова, О.Ю. Устинова, Р.Р. Махмудов, И.А. Пермяков, Ю.В. Кольдибекова // учебное пособие. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – 126 с.

Zemljanova, M.A. Tehnogennaja sreda obitanija cheloveka / M.A. Zemljanova, O.Ju. Ustinova, R.R. Mahmudov, I.A. Permjakov, Ju.V. Kol'dibekova // uchebnoe posobie. Perm. gos. nac. issled. un-t. – Perm', 2013. – 126 s.

3. Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] / С.Д. Штовба // Центр компетенций MathWorks. Режим доступа: http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php, свободный.

Shtovba, S.D. Vvedenie v teoriju nechetkih mnozhestv i nechetkuju logiku [Jelektronnyj resurs] / S.D. Shtovba // Centr kompetencij MathWorks. Rezhim dostupa: http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php, svobodnyj.

4. Ломакин, В.В. Комплекс критериев и алгоритмическое обеспечение процесса принятия решений при создании систем управления наружным освещением / В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко, Р.Г. Асадуллаев // Фундаментальные исследования: научный журнал. – Москва: Российская академия естествознания - 2014. - №11(11). – С. 2370-2374.

Lomakin, V.V. Kompleks kriteriev i algoritmicheskoe obespechenie processa prinjatija reshenij pri sozdanii sistem upravlenija naruzhnym osveshheniem / V.V. Lomakin, M.V. Lifirenko, R.G. Asadullaev // Fundamental'nye issledovanija: nauchnyj zhurnal. – Moskva: Rossijskaja akademija estestvoznanija - 2014. - №11(11). – S. 2370-2374.

УДК 004.9:378

МОТИВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗОВ

MOTIVATIONAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF MOBILE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

В.Н. Бабешко[1], С.С. Колосков[2], А.В. Самочадин[3], А.Г. Гребеник[4]
V.N. Babeshko[1], S.S. Koloskov[2], A.V. Samochadin[3], A.G. Grebenik[4]

[1] Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС",
Компания IBS, 127434, Россия, Москва, Дмитровское шоссе, 9Б
[2] Компания IBS, 127434, Россия, Москва, Дмитровское шоссе, 9Б
[3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29
[4] Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
308012, Россия, Белгород, ул. Костюкова, д.46
[1] The National University of Science and Technology MISiS, IBS Company, 127434, Dmitrovskoye shosse 9b, Moscow, Russia
[2] IBS Company, 127434, Dmitrovskoye shosse 9b, Moscow, Russia
[3] St.Petersburg Polytechnic University, 195251, Politekhnicheskaya Str. 29, St.-Petersburg, Russia
[4] BSTU after V.G. Shukhov, 308012, Kostyukova Str. 46, Belgorod, Russia

e-mail: VBabeshko@ibs.ru, SKoloskov@ibs.ru, samochadin@dcn.icc.spbstu.ru, grebenik@inintech.ru

Аннотация. В то время как применение мобильных устройств в образовании становится повсеместным явлением в мире, одной из проблем внедрения информационных технологий в вузе является мотивация участников образовательного процесса. Данная статья посвящена обзору возможностей и проблем использования мобильных устройств в сфере образования, способам мотивации и повышения эффективности деятельности участников образовательного процесса (преподавателей, студентов, их родителей, и органов управления образованием) с помощью мобильных устройств и системы управления мобильными устройствами на уровне вуза. В рамках потенциала мобильных устройств и управления ими, были исследованы вопросы формирования молодежной культуры использования мобильных устройств, выявлены мотивационные факторы влияния на принятие решения об использовании мобильных технологий для основных участников образовательного процесса вуза.

Resume. The application of mobile devices in education becomes a worldwide trend. The motivation of educational process participants is one of the key problems of mobile technologies adoption in universities. The paper is devoted to the study of possibilities and problems of mobile devices application in education. The scope of the paper also covers the approaches to motivate the educational process participants and to improve the efficiency of the educational process using mobile devices and mobile devices management (MDM) system in universities. We have studied the issues of formation of the culture of mobile devices usage among young people. In the following study, we have also outlined the motivational factors influencing the decision to use mobile technologies using the method of stakeholders. The discussed results were acquired in the scope of the joint project of IBS company (Moscow) and Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University. The project was made in the scope of the Resolution of the Government of the Russian Federation No 218 of 9th April, 2010) and with financial aid of the Ministry of Education and Science of Russia (contract No. 2.G25.31.0024 of 12.02.2013).

Ключевые слова: мобильные технологии в образовании, мотивация использования мобильных технологий в образовании, высшее образование, информационно-образовательная среда вуза.
Keywords: mobile devices in education, BYOD, mobile devices management, motivation of the application of educational mobile technologies, graduate school.

Введение

Мобильные технологии повсеместно используются сегодня во всем мире, став значительным социальным явлением. С точки зрения образования принципиально превратить их из отвлекающего фактора в полезный образовательный инструмент.

Для системного рассмотрения данного явления воспользуемся методом анализа заинтересованных сторон [1]. В системе образования таковыми являются преподаватели, студенты, их родители, и органы управления образованием различных уровней и все они могут получить определенные выгоды от применения в своей деятельности мобильных устройств. Причем исследователи отмечают устойчивость трендов развития мобильного интернета и мобильных технологий: предполагается, что к 2020 г. компьютеры и телефоны превратятся в универсальные носимые устройства, интегрированные между собой [2]. Это делает вопросы мотивации использования мобильных технологий в образовании актуальными как в настоящее время, так и на серьезную перспективу.

Компьютеры использовались в образовании много лет, однако переход к мобильным устройствам привнес в этот процесс новое качество. Анализ опыта применения мобильных технологий [3] показал, что ключевые эффекты использования мобильных технологий связаны с их энергетической автономностью (мобильные устройства не требуют постоянного подключения к стационарным источникам питания), постоянной коммуникационной доступностью, портативностью, обеспечиваю-

щей, собственно, пространственную мобильность, а также набором встроенных датчиков и устройств (пространственного положения, записи и воспроизведения медиа информации и т.п.). Очевидно, что использование мобильных устройств в образовании также приводит к возможности организации обучения «в любое время в любом месте». Мобильные устройства обеспечивают не мало мотивационных преимуществ для образования по сравнению со стационарными компьютерами и даже ноутбуками. Во-первых, малый вес и варианты ориентации в пространстве делают их более приспособленными не только к чтению, но и воспроизведению любого цифрового образовательного контента. Во-вторых, их способность к быстрому включению и переключению между задачами позволяет сократить задержки быстро возобновлять учебный процесс. В-третьих, современные сенсорные интерфейсы обеспечивают высокую степень пользовательской интерактивности [4]. В-четвертых, они максимально мобильны при перемещении студентов, позволяют воспринимать контент «на ходу» и могут обеспечить мобильный сбор данных или запись лекций. В-пятых, разработка приложений для мобильных платформ экономически не дорога, а количество таких приложений для образования (бесплатных или недорогих) стремительно растет. И наконец, долгое время работы от батареи обеспечивает непрерывную работу мобильных устройств в течение учебного дня [5].

Однако, наряду с очевидными преимуществами, возникают и определенные проблемы. Технические из них, связанные с обеспечением безопасности, централизованным управлением мобильными устройствами и т.п. известны и решены в рамках технологий MDM (Mobile Devices Management – платформа управления мобильными устройствами) и апробированных организационно-технических решений [6–10]. Но остается ряд проблем социального плана, со многими из которых пришлось столкнуться в процессе внедрения системы централизованного управления мобильными устройствами, проведенной в 2015 г. в Санкт-Петербургском политехническом университете и Белгородском государственном технологическом университете им. В. Г. Шухова в ходе реализации комплексного проекта «Создание российского аналога системного программного обеспечения для централизованного управления персональными мобильными устройствами и платформами в корпоративных сетях» [11, 12].

Во-первых, обучающиеся и их родители должны быть готовы к тому, что, например, BYOD (Bring Your Own Device – «Принесите свое собственное устройство») технологии переносят затраты на приобретение и обслуживание мобильных устройств и коммуникации с образовательных организаций на них самих. Во-вторых, современная молодежная культура использует мобильные технологии как досуговый, развлекательный элемент, что затрудняет его восприятие студентами как образовательного инструмента. В-третьих, зачастую еще имеет место скептическое и настороженное отношение к электронным публикациям, электронным учебникам и в целом к электронному образовательному контенту как со стороны ряда издательств, так и со стороны преподавателей, студентов и их родителей, вплоть до опасений в вытеснении преподавателей технологиями.

Таким образом, возникает задача популяризации мобильных технологий, и в первую очередь среди студентов, с целью мотивации к обучению в мобильной образовательной среде.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ известных прецедентов использования мобильных технологий в высшем образовании.
2. Выявить основные преимущества и проблемы их использования.
3. Сформировать совокупность мотивационных факторов, которые необходимо учитывать в комплексных проектах внедрения мобильных устройств в вузах.

Объекты и методы исследования

В качестве метода анализа мотивационных факторов в рамках решения рассматриваемых задач воспользуемся упомянутым выше методом анализа заинтересованных сторон. В качестве заинтересованных сторон в системе образования, рассмотрим следующие: образовательные поставщики (школы, колледжи, педагогические учреждения и университеты), профессорско-преподавательский состав (включая тьюторов, методистов, ассистентов, руководителей кафедр), студенты и аспиранты, их родители (в том числе представители общественности, входящие в советы, административные комитеты и т.п.), органы управления образованием (федерального и регионального уровня). Всем заинтересованным сторонам необходимо тесное сотрудничество, если они хотят получить эффекты от внедрения мобильных устройств в образовательный процесс. Рассмотрим преимущества и недостатки применения мобильных технологий в образовании с позиции каждой группы заинтересованных сторон.

Факторы мотивации поставщиков образования

Переход от использования компьютеров в образовании к использованию мобильных устройств, сулит значительные экономические преимущества для образовательных поставщиков (организаций). Образовательные поставщики могут также ожидать улучшения результатов учебной дея-

тельности, удовлетворенности преподавателей, чья деятельность будет поддержана технологиями, студентов и их родителей. Мобильные технологии не требуют оснащения дорогостоящих компьютерных лабораторий, площадей, площадей, мебели и технического обслуживания компьютерного парка на местах. Сокращаются сопутствующие расходы на сетевое оборудование, оборудование связи, кондиционирование, электроэнергию. Однако вникнет расходы на беспроводные сети и мобильную телефонию, которые, впрочем, во многих случаях будут незначительны по сравнению со стационарными компьютерными сетями с доступом к интернету. Во многих случаях студенты с мобильными устройствами будут уже подписаны на поставщиков сетевых служб, в противном случае, образовательные организации могут получать субсидии на централизованные подключения. Мобильные устройства, теперь доступные в изобилии, более дешевы и просты в использовании.

Для образовательных поставщиков, внедряющих мобильные технологии в образовании, предлагаются следующие рекомендации [13]:

1. Обеспечить профессиональную подготовку сотрудников образовательной организации, в первую очередь преподавателей и технических специалистов, а также обеспечить проверку и, при необходимости, выравнивание компетенций использования мобильных устройств студентами.

2. Обеспечить доступность использования мобильных устройств на всей территории университетского кампуса.

3. Провести методическую подготовку преподавателей к применению мобильных технологий в образовании.

4. Оптимизировать очные учебные часы с учетом возросших возможностей самостоятельной подготовки студентов с применением мобильных технологий.

5. Перераспределить финансы на поддержку существующих технологий в пользу поддержки классной работы.

С точки зрения сетевого межвузовского взаимодействия, использование мобильной образовательной среды обеспечивает два преимущества: стоимость тиражирования цифровых учебных материалов близка к нулевой, и объем затрат на проектирование и разработку курса в сетевом сотрудничестве с другими образовательными организациями ниже, чем при самостоятельной разработке. Поэтому, возможно обеспечить доступ к высококачественным учебным материалам и электронным учебникам даже для студентов, у которых может не быть надежного или недорогого доступа к интернету.

Мобильные устройства в перспективе могут стать главной технологией для использования в образовании. При этом технологии, содержание и методики мобильного образования будут улучшаться с каждым поколением студентов за счет накопительного эффекта. В конечном итоге, студенты, использующие мобильные технологии в образовании сегодня, сами станут преподавать с их помощью завтра.

Отдельно стоит отметить мотивационный аспект мобильных технологий, как технологий доступа к социальным сетям. Помимо поддержания самооценки пользователей, это может стать перспективным инструментом внешней гарантии качества, и влиять на оценку качества образования со стороны надзорных институтов.

В некоторых университетах создаются отдельные стратегии развития мобильных технологий. Например, стратегия BYOD университета Скрэнтон системно описывает принципы использования мобильных технологий в университете на трехлетний период [14]. В части мотивации студентов в стратегии отмечаются высокие ожидания относительно доступности образовательной среды «в любое время, в любом месте» и интеграции образовательных ресурсов. При этом технологии виртуализации позволяют получить удаленный доступ с мобильных устройств к специализированным лабораториям. В части мотивации организации в первую очередь выделяют упрощение ИТ-инфраструктуры.

В целом для органов управления образованием следует отметить необходимость выработки стратегии поддержки и внедрения мобильных образовательных технологий в учебный процесс, поскольку только комплексный подход может обеспечить максимальные экономические и образовательные эффекты от такого внедрения.

Факторы мотивации преподавателей

Преподаватели, как показал анализ, являются самым важным и критическим фактором при внедрении мобильных устройств в образовании [3]. В настоящее время наблюдается дефицит преподавателей, которые могут включить мобильные устройства в учебный процесс наряду с традиционными технологиями «мела и доски». Как показывает опыт, неудачи большинства образовательных технологических инициатив связаны как раз с возникновением дополнительной нагрузки на преподавателя. Поэтому в первую очередь преподаватель должен увидеть в технологии мобильного образования полезный для себя инструмент, не создающий трудностей в применении и облегчающий нелегкий педагогический труд.

По результатам опросов преподаватели требуют обучения новым методикам преподавания в мобильной образовательной среде. Должны формироваться и распространяться кейсы для препода-

вателей на основе методики обучения «студент в центре», которые зарекомендовали себя как улучшающие образовательные результаты. К сожалению, традиционно при внедрении новых образовательных технологий, акцент делается на техническую составляющую: намного легче продемонстрировать технологическое внедрение, чем подготовленного преподавателя и педагогический эффект, да или потребители образовательных услуг – студенты и их родители – быстрее оценят разницу между старым и новым оборудованием, чем преимущества подготовленного преподавателя, владеющего новыми образовательными методиками [15].

Таким образом, независимо от того, насколько «продвинута» технология мобильного устройства, пока мы не вкладываем капитал в обученных учителей, которые знают, как использовать эту технологию, чтобы улучшить ее образовательный эффект, мы не получим заинтересованности ни преподавателей, ни студентов. Также необходимо, чтобы родители и политики были ориентированы на результаты образовательной деятельности, а не новые мобильные технологии как таковые.

С этой точки зрения педагогическое образование обретает дополнительную ценность, когда оно сосредотачивается не только о том, как использовать технологии мобильных устройств, но и побуждает преподавателей к исследованию возможностей этих технологий с точки зрения создания нового качества образования. В основе использования новых технологий должны быть четкие образовательные цели.

Таким образом, можно сделать вывод, что мотивация преподавателей к применению в образовательном процессе мобильных устройств связана прежде всего с компетенциями преподавателей (их уверенным пониманием способов и эффектов применения этих технологий в учебном процессе), экономической составляющей (преподаватели выражали большую готовности к применению мобильных устройств в случаях, когда эти устройства и сетевой доступ предоставлялись образовательной организацией), и коммуникационной инфраструктурой (доступность сети на всей территории вуза или университетского кампуса).

Быстрый темп технического прогресса привел к тому, что преподавателям стало доступно значительное количество новых разработок и инструментов за относительно короткий период времени [16]. Зачастую навязывание применения таких инноваций приводит к эффекту имитации использования новых технологий, когда они используются формально, «для отчета». Однако, говоря о мобильных технологиях, приходится признать, что это явление не сиюминутно. В отличие от других образовательных инноваций, эта новая технология твердо укоренилась в обществе, и вузы – его неотъемлемая часть. Опрометчиво было бы игнорировать или пытаться ограничить использование этой технологии в образовании.

Использование компьютерных технологий в своё время вызывало сложности у ряда преподавателей, поскольку требовало специальных навыков по освоению интерфейсов. К счастью, современные интерфейсы мобильных устройств обладают куда большей доступностью и персонификацией, что также положительно сказывается на мотивации преподавателей.

При использовании мобильных образовательных технологий роль преподавателя в образовательном процессе изменяется: если раньше он был основным источником информации, транслятором знания и полностью управлял образовательным процессом, теперь он становится модератором образовательной среды, помогающим ученикам выстраивать собственные образовательные траектории.

Факторы мотивации студентов

Наряду с изменением роли преподавателя в мобильной образовательной среде происходит и трансформация роли студентов: из пассивных получателей информации, занятых репродуцированием знаний, они превращаются в активных, самостоятельных участников процесса, делящихся знаниями и даже производящими их в совместном коллективном процессе. Несомненно, такая роль выглядит привлекательнее для современной молодежи.

Еще в 2004 г. на группе отстающих студентов технических направлений был проведен эксперимент по применению мобильных телефонов для поддержки учебного процесса [17]. Целью была проверка гипотезы, что мобильные технологии простимулируют учащихся в сетевой среде коллективного обучения. Результаты проекта подтвердили, что использование мобильного телефона стало эффективным коммуникационным инструментом в среде молодежной культуры и усилили вовлеченность студентов в учебный процесс, обеспечили своевременность выполнения учебного плана и в конечном итоге положительно повлияли на успеваемость.

Разумеется, таким эффектам мы обязаны не самим технологиям, а тем способам и механизмам информационного обмена в рамках учебного процесса, которые они обеспечивают. Расширение способов взаимодействия, гибкость учебного процесса и специальным образом выстроенное содержание и методики обучения – вот ключевые факторы успешного применения мобильных технологий в образовательном процессе [18].

При этом сами мобильные технологии в образовании могут обеспечить повышение мотивации студентов к учебному процессу, помогая им улучшить концентрацию при изучении материала

благодаря погружению в мобильную среду, сделать учебный процесс разнообразнее, интереснее, стимулируя самостоятельную работу, повышая исполнительность в выполнении заданий. Эти эффекты усиливаются посредством привнесения элементов молодежной культуры (социальные сети, мобильность, гаджеты, игрофикация и др.) в образовательный процесс. Правильно организованная с методической точки зрения мобильная образовательная среда имеет значительный потенциал в части привнесения полезности (добавленной стоимости) в учебный процесс.

Ряд проведенных экспериментов в европейских странах показал, что использование неформального общения между студентами и преподавателями в социальных сетях, в том числе с использованием мобильных технологий, оказывало заметное положительное влияние на успеваемость и даже дисциплину, формируя доверительную среду общения как среди студентов, так и между студентами и педагогами [19]. Этот эффект психологи связывают с ощущением «безопасности» общения, опосредованного технологиями удаленного взаимодействия. При этом опасения преподавателей относительно повышения коммуникационной нагрузки не оправдались, поскольку оперативное и легко транслируемое в мобильной образовательной среде решение многих вопросов компенсировало трудозатраты преподавателей.

Еще один дополнительный эффект применения мобильных технологий в образовании связан с формированием целого набора сквозных компетенций в части поиска и анализа информации, коммуникаций и применения собственно самих мобильных технологий в образовательной и профессиональной деятельности, а также с развитием ряда личностных качеств: адаптируемость, креативность, настойчивость, сотрудничество, инициативность.

Стоит также отметить, что благодаря внедрению мобильных технологий в образование, реализованная сегодня на уровне государственных услуг идея электронного дневника имеет перспективы развития в части функций электронного портфолио ученика и распространения на все уровни образования в соответствии с концепцией непрерывного образования.

Потенциальное воздействие использования мобильных устройств в образовании приводит к возникновению нового инновационного качества обучения. Преподаватели получают образовательную среду с поддержкой «на кончиках пальцев». Студенты могут быть мотивированы доступом к уникальному образовательному контенту вузов, интерактивному и мультимедийно насыщенному, доступному независимо от времени и физического местоположения.

Исследователи из Квислендского технологического университета в 2007 году ввели термин «цифровые ожидания», характеризующий потребности студентов «поколения С», родившихся после 1990 года и характеризующихся активным использованием социальных медиа, так называемых «цифровых детей», выросших «во власти мобильных телефонов» [16]. При этом отмечалось отставание этих ожиданий в области образования от технологической компоненты образовательной среды. С этой точки зрения образовательные организации и преподаватели являются «догоняющими» в плане мотивации к применению мобильных технологий в образовании. Как показал опыт нашего проекта - в России такое отставание тоже имеет место и по сей день. Тем не менее, уже в 2007 году в качестве потенциала использования мобильных технологий в образовании назывались:

– расширение образовательной среды: образование, как услуга, может быть доставлено даже в те места, где традиционное образование не представлено;

– повышение концентрации внимания студентов за счет применения персональных устройств;

– наилучший педагогический эффект для смешанного обучения, сочетающего традиционное образование с «мобильным»;

– повышение мотивации студентов за счет снижения формальности в мобильной образовательной среде и соответствия «цифровым ожиданиям» современных студентов;

– поддержка групповой работы и вовлеченности за счет коммуникационной составляющей мобильных технологий;

– расширение образовательного пространства.

Сегодня к этому перечню можно добавить:

– концентрацию результатов образования в виде портфолио в мобильной образовательной среде;

– увеличение контролируемых параметров учебного процесса как со стороны преподавателей, так и со стороны органов управления образованием;

– эффективные образовательные коммуникации, включая повышение доступности преподавателя для студентов, взаимодействие между образовательными организациями;

– широкие возможности поддержки обучающихся с ограниченными возможностями в рамках реализации инклюзивного образования в мобильной образовательной среде;

– уникальное сочетание возможностей массового обучения с индивидуализацией образовательных траекторий;

– возможность быстрого внесения изменений в образовательный контент в ответ на быстрые изменения требований к содержанию образования.

Заключение

Не случайно сама природа познания, нисходящая корнями к адаптивным биологическим механизмам, подразумевает мобильность, «обучаемость в движении» [19]. Поэтому работа в мобильной образовательной среде, выходящей далеко за пределы классной комнаты, как раз лежит в русле современных концепций открытого образования, непрерывного образования и самообразования.

В табл. приведены значения влияния отдельных мотивационных элементов на принятие решения об использовании мобильных технологий для различных заинтересованных сторон, рассчитанные по результатам опроса участников апробации внедрения системы централизованного управления мобильными устройствами, проведенной в 2015 г. в Санкт-Петербургском политехническом университете и Белгородском государственном технологическом университете им. В. Г. Шухова в ходе реализации комплексного проекта «Создание российского аналога системного программного обеспечения для централизованного управления персональными мобильными устройствами и платформами в корпоративных сетях» в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 №218 при финансовой поддержке Минобрнауки России (договор № 02.G25.31.0024 от 12.02.2013).

Таблица
Table

Виды мотивации при внедрении мобильных технологий
Types of motivation in introducing mobile technology

Мотивация студентов	Значимость, %	Мотивация преподавателей	Значимость, %	Мотивация органов управления образованием	Значимость, %
Доступность образовательной среды «в любом месте в любое время», включая доступность преподавателя	98%	Уверенность в возможностях использования мобильных технологий (компетентность)	74%	Экономическая эффективность	89%
Расширение коммуникационных возможностей	89%	Предоставление оборудования образовательной организацией	70%	Повышение эффективности мониторинга и управления	73%
Увеличение роли студента в образовании	44%	Доступность образовательной среды «в любом месте в любое время»	60%	Расширение охвата студентов, масштабируемость при изменении оргструктуры вуза	68%
Принадлежность к «сообществу», социальной группе пользователей	34%	Материальные поощрения к применению новых технологий в образовании (Эффективный контракт)	37%	Выполнение стратегических KPI, установленных вышестоящими организациями	60%

В настоящее время, когда количество мобильных устройств превосходит число компьютеров, технологическая насыщенность приближается к уровню «одно мобильное устройство на одного обучающегося», а большинство организационно-технических проблем применения мобильных устройств в образовании уже решены, особого внимания заслуживает проблема опережения мобильными технологиями в образовании социальной зрелости их использования. Популяризация и мотивация участников образовательного процесса к использованию мобильных устройств в образовании – основной инструмент устранения данного разрыва. Разработанные и апробированные в рамках проекта «Создание российского аналога системного программного обеспечения для централизованного управления персональными мобильными устройствами и платформами в корпоративных сетях» подходы позволили на практике решить указанную проблему в отдельных вузах и могут быть рекомендованы по окончании проекта к распространению в другие вузы и образовательные организации, внедряющие мобильные технологии в образовательный процесс.

Благодарности

Результаты получены в рамках апробации программного обеспечения системы централизованного управления мобильными устройствами, разработанного в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 №218 при финансовой поддержке Минобрнауки России (договор № 02.G25.31.0024 от 12.02.2013).

Список литературы
References

1. Freeman R. E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston, 1984.
Freeman R. E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston, 1984.
2. Лукша П. Будущее образования: глобальная повестка / Глобальное образование 2015–2035, 2015 – 102 с.
Luksha P. Budushcheye obrazovaniya: globalnaya povestka / Globalnoye obrazovaniye 2015-2035, 2015, 102s.
3. Goundar, S. (2011), What is the Potential Impact of Using Mobile Devices in Education? Using Mobile Devices in Education. Proceedings of SIG GlobDev Fourth Annual Workshop, Shanghai, China – December 3, 2011.
Goundar, S. (2011), What is the Potential Impact of Using Mobile Devices in Education? Using Mobile Devices in Education. Proceedings of SIG GlobDev Fourth Annual Workshop, Shanghai, China – December 3, 2011.
4. Рекомендации ЮНЕСКО по политике в области мобильного обучения. ЮНЕСКО, 2015. 44 с.
Rekomendatsii YuNESKO po politike v oblasti mobilnogo obucheniya. UNESCO, 2015, 44 s.
5. Warschauer, M. (2011). Tablet Computers in Education. Eventually Tablets will Facilitate more Personalized and Interactive Learning. Educational Technology Debate – Exploring Learning in Developing Countries.
Warschauer, M. (2011). Tablet Computers in Education. Eventually Tablets will Facilitate more Personalized and Interactive Learning. Educational Technology Debate – Exploring Learning in Developing Countries.
6. Куклев, В. А. Сущностные характеристики мобильного обучения как педагогической инновации // Образование и общество. – 2009. – No 1(54). –С. 64–67.
Kuklev, V. A. Sushhnostnye harakteristiki mobil'nogo obuchenija kak pedagogicheskoj innovacii // Obrazo-vanie i obshhestvo. – 2009. – No 1(54). –S. 64–67.
7. Голицына И.Н., Половникова Н.Л. Мобильное обучение как новая технология в образовании // Образовательные технологии и общество (Educational Technology &Society). 2011. Т. 14. № 1. С. 241–252.
Golicyna I.N., Polovnikova N.L. Mobil'noe obuchenie kak novaja tehnologija v obrazovanii // Obrazova-tel'nye tehnologii i obshhestvo (Educational Technology &Society). 2011. T. 14. № 1. S. 241–252.
8. Alzaza N. S., Yaakub A.R. Students' awareness and requirements of mobile learning services in the higher education environment. American Journal of Economics and Business Administration 3.1 (2011): 95. Academic OneFile. Web. pp 95 – 100, 13 Oct. 2013
Alzaza N. S., Yaakub A.R. Students' awareness and requirements of mobile learning services in the higher education environment. American Journal of Economics and Business Administration 3.1 (2011): 95. Academic OneFile. Web. pp 95 – 100, 13 Oct. 2013
9. Иванченко Д.А., Попов С.О., Хмельков И.А. Мобильные устройства и сервисы в высшем образовании: основные барьеры и направления развития // Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. №12(78). С. 38–48.
Ivanchenko D.A., Popov S.O., Hmel'kov I.A. Mobil'nye ustrojstva i servisy v vysshem obrazovanii: os-novnye bar'ery i napravlenija razvitija // Distancionnoe i virtual'noe obuchenie. 2013. №12(78). S. 38–48.
10. Иванченко Д.А., Хмельков И.А., Райчук Д.Ю., Митрофанов А.М., Самочадин А.В., Рогов П.А. Применение подходов BYOD для построения стратегии информатизации высшего учебного заведения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2013. №3(174). С. 85–92.
Ivanchenko D.A., Hmel'kov I.A., Rajchuk D.Ju., Mitrofanov A.M., Samochadin A.V., Rogov P.A. Primenenie podhodov BYOD dlja postroenija strategii informatizacii vysshego uchebnogo zavedenija // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. 2013. №3(174). S. 85–92.
11. Самочадин А.В., Бабешко В.Н., Колосков С.С. Технологические вопросы использования мобильных технологий в образовании. // Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ–2015) / Под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина: Труды международной научно-практической конференции. 8–10 октября 2015 г. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С. 804–809.
Samochadin A.V., Babeshko V.N., Koloskov S.S. Tehnologicheskie voprosy ispol'zovanija mobil'nyh tehno-logij v obrazovanii. // Innovacionnaja jekonomika i promyshlennaja politika regiona (JeKOPROM–2015) / Pod red. d-ra jekon. nauk, prof. A.V. Babkina: Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 8–10 oktjabrja 2015 g. – SPb.: Izd-vo Politehn. un-ta, 2015. – S. 804–809.
12. Samochadin A., Raychuk D., Voinov N.,Ivanchenko D., Khmelkov I. MDM based Mobile Services in Universities // International Journal of InformationTechnology & Computer Science (IJITCS),). Vol. 13. No. 2 / March+April, 2014. P. 35–41.
Samochadin A., Raychuk D., Voinov N.,Ivanchenko D., Khmelkov I. MDM based Mobile Services in Universities // International Journal of InformationTechnology & Computer Science (IJITCS),). Vol. 13. No. 2 / March+April, 2014. P. 35–41.
13. Nalder, J. (2011). My Computing Journey + What the Post-PC Era Means for Education. Tablet Computers in Education. Exploring ICT and Learning in Developing Countries. https://edutechdebate.org/tablet-computers-in-education/what-the-post-pc-era-means-for-education/ (accessed 10.10.2015).
Nalder, J. (2011). My Computing Journey + What the Post-PC Era Means for Education. Tablet Computers in Education. Exploring ICT and Learning in Developing Countries. https://edutechdebate.org/tablet-computers-in-education/what-the-post-pc-era-means-for-education/ (accessed 10.10.2015).
14. Casabona J., et al. (2014) BYOD Strategy (Service Mobility), The University of Scranton.
Casabona J., et al. (2014) BYOD Strategy (Service Mobility), The University of Scranton.
15. Vota, W. (2011). Tablets are Good, Content is Better, and Teachers are the Best Educational ICT Investment. Tablet Computers in Education. https://edutechdebate.org/tablet-computers-in-education/tablets-are-good-content-is-better-and-teachers-are-the-best-educational-ict-investment/ (accessed 11.10.2015).

Vota, W. (2011). Tablets are Good, Content is Better, and Teachers are the Best Educational ICT Investment. Tablet Computers in Education. https://edutechdebate.org/tablet-computers-in-education/tablets-are-good-content-is-better-and-teachers-are-the-best-educational-ict-investment/ (accessed 11.10.2015).

16. Duncan-Howell, J. & Lee, K.T. (2007). M-learning: Finding a place for mobile technologies within tertiary educational settings. In ICT: Providing choices for learners and learning. Proceedings ascilite Singapore 2007. http://www.ascilite.org.au/conferences/singapore07/procs/duncan-howell.pdf

Duncan-Howell, J. & Lee, K.T. (2007). M-learning: Finding a place for mobile technologies within tertiary educational settings. In ICT: Providing choices for learners and learning. Proceedings ascilite Singapore 2007. http://www.ascilite.org.au/conferences/singapore07/procs/duncan-howell.pdf

17. Ison, A., Hayes, A., Robinson, S., and Jamieson, J. (2004). Txt Me: Supporting Disengaged Youth Using Mobile Technologies. New Practices in Flexible Learning. Project Report for Supporting Flexible Learning Opportunities – Australian National Training Authority.

Ison, A., Hayes, A., Robinson, S., and Jamieson, J. (2004). Txt Me: Supporting Disengaged Youth Using Mobile Technologies. New Practices in Flexible Learning. Project Report for Supporting Flexible Learning Opportunities – Australian National Training Authority.

18. Hammond, K. (2014). Learning to fish for a lifetime: Personalised mobile academic phrase libraries – project proposal. In B. Hegarty, J. McDonald, & S.-K. Loke (Eds.), Rhetoric and Reality: Critical perspectives on educational technology. Proceedings ascilite Dunedin 2014, pp. 495–499.

Hammond, K. (2014). Learning to fish for a lifetime: Personalised mobile academic phrase libraries – project proposal. In B. Hegarty, J. McDonald, & S.-K. Loke (Eds.), Rhetoric and Reality: Critical perspectives on educational technology. Proceedings ascilite Dunedin 2014, pp. 495–499.

19. Narayan, V., & Herrington, J. (2014). Towards a theoretical mobile heutagogy framework. In B. Hegarty, J. McDonald, & S.-K. Loke (Eds.), Rhetoric and Reality: Critical perspectives on educational technology. Proceedings ascilite Dunedin 2014 (pp. 150–160).

Narayan, V., & Herrington, J. (2014). Towards a theoretical mobile heutagogy framework. In B. Hegarty, J. McDonald, & S.-K. Loke (Eds.), Rhetoric and Reality: Critical perspectives on educational technology. Proceedings ascilite Dunedin 2014 (pp. 150–160).

УДК 004.7:378

МЕТОДИКА АПРОБАЦИИ ВНЕДРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ СЕРВИСОВ НА ПЛАТФОРМЕ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ В ВУЗАХ

METHODS OF TESTING MANAGER OF MOBILE DEVICES IN HIGHER EDUCATION

С.С. Колосков[1], В.Н. Бабешко[2], А.В. Самочадин[3], Ю.А. Кошлич[4]
S.S. Koloskov[1], V.N. Babeshko[2], A.V. Samochadin[3], Y.A. Koshlich[4]

[1)] Компания IBS, 127434, Россия, Москва, Дмитровское шоссе, 9Б
[2)] Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", Компания IBS, 127434, Россия, Москва, Дмитровское шоссе, 9Б
[3)] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29
[4)] Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, Россия, Белгород, ул. Костюкова, д.46
[1)] IBS Company, 127434, Dmitrovskoye shosse 9b, Moscow, Russia
[2)] The National University of Science and Technology MISiS, IBS Company,127434, Dmitrovskoye shosse 9b, Moscow, Russia
[3)] St.Petersburg Polytechnic University, 195251, Politekhnicheskaya Str. 29, St.-Petersburg, Russia
[4)] BSTU after V.G. Shukhov, 308012, Kostyukova Str. 46, Belgorod, Russia

e-mail: VBabeshko@ibs.ru, SKoloskov@ibs.ru, samochadin@dcn.icc.spbstu.ru, koshlich@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке методики апробации использования мобильных сервисов на платформе управления мобильными устройствами в вузе с целью повышения эффективности их внедрения. Методика содержит процедуры поэтапного планирования, организации, проведения и анализа результатов апробации, включая рекомендации по практическому применению, методам сбора обратной связи от различных категорий пользователей и анализа результатов апробации. Рассмотрены типовые сервисы мобильной образовательной среды. Приведен краткий обзор разработанного для управления мобильными устройствами решения и результаты его практической апробации, реализованной на основе предложенной методики. Тестирование платформ и решений такого формата предполагает формирование четкого плана-графика и анализа обратной связи. Сбор обратной связи и собственные наблюдения разработчиков решения основывались на выявлении преимуществ использования менеджера мобильных устройств в процессе обучения и направлений их улучшений, обнаружении особенностей применения решения в учебном процессе и стратегии развития мобильной экосистемы вуза, способствующей эффективной образовательной и научно-исследовательской работе организации.

Resume. The following paper is devoted to the development of the technique to conduct the approbation of mobile services using mobile device management platform. The goal of mobile services approbation is to improve the efficiency of services usage in universities. The technique encompasses procedures of planning, organizing and conducting the approbation. Also this technique includes the methods to analyze the results of approbation. The technique also includes the recommendations on how to use the results of approbation in universities, recommended methods for feedback collection and analyzing the results of the approbation. In the following paper we present a short review of the developed mobile device management solution. Also we introduce the results of its approbation. The approbation has been conducted using the proposed technique. The testing of such complex platform solutions requires specific plan and methods to analyze the collected feedback. The feedback collection process and developers observations are based on the identification of the advantages of mobile device manager application to the study process and its incorporation into the strategy of the university's mobile ecosystem development. Such mobile ecosystem contributes to the efficiency of the educational and scientific work of the organization.

Ключевые слова: мобильные технологии в образовании, апробация мобильных технологий в образовании, высшее образование, информационно-образовательная среда вуза, BYOD.
Keywords: mobile devices in education, BYOD, testing of mobile devices management, motivation of the application of educational mobile technologies, graduate school.

Введение

Развитие информационных технологий и мобильных устройств значительным образом преобразовывает подходы к формированию культурного пространства и работы пользователей в локальных сетях. Мобильность – это одна из важнейших составляющих современной модели конкурентоспособности вузов. Мобильность – ведение образовательной и научно-исследовательской деятельности вне традиционной университетской среды или фиксированного помещения – стала обычным трендом для современного сотрудника вуза. Именно с целью повышения мобильности на уровне университетского пространства в вузы внедряются различные информационные инфраструктурные решения, к которым можно отнести сервисы и приложения, разнообразные серверные архитектуры, а также мобильные устройства – от планшетных компьютеров до смартфонов, «умных часов» и других средств обеспечения мобильности. Традиционная ИТ-архитектура не справляется с изменившимися условиями использования устройств для организации обучения и научной деятельности с применением мобильных устройств: отсутствует поддержка мобильных устройств и операционных систем, не

обеспечено взаимодействие с социальными сетями, отсутствует возможность вести мобильное расписание, подключаться к оборудованию посредством смартфона, организовывать интерактивные опросы и узнавать место нахождение студентов и преподавателей во время учебного занятия. Именно поэтому внедрение популярной на Западе системы BYOD (Bring Your Own Device – «Принесите свое собственное устройство») или MDM (Mobile Devices Management – платформа управления мобильными устройствами) может стать существенным вкладом в повышение уровня конкурентоспособности отечественных вузов [1, 2].

Мировая история использования мобильных приложений в образовательных процессах показывает актуальность применения мобильных технологий для разрешения разных задач вуза и управления образовательной деятельностью [3]. Важным направлением автоматизации и информатизации образовательных процессов является использование средств поддержки учебной деятельности, к чему относятся инструменты содействия как непосредственно образовательных действий (лекций, практических и лабораторных занятий, курсовых работ, зачетов, контролей знаний и экзаменов), так и учебного процесса в целом (расписание, учет успеваемости). Многие ведущие университеты мира широко используют некоторые из этих средств (в основном, расписание и учет посещаемости) и отмечают высокую эффективность их применения. Мобильные устройства и технологии управления ими для поддержания разных форматов обучения имеют место в ряде университетов развивающихся государств, где их использование считают одним из основных способов повышения уровня образования, престижа вуза и проводят работы по их внедрению [4]. Информация о востребованности функций мобильных приложений, полученная на основе опросов студентов и преподавателей российских университетов, и анализ сервисов, предлагаемых различными университетами мира, позволили выделить наиболее необходимые функции мобильных средств поддержки учебного процесса:

– получение актуальных данных об общем расписании, обновлениях в расписании, обо всех проводимых мероприятиях и событиях с указанием материально-технического обеспечения;

– формирование блока информации об основных формах выполнения разных учебных мероприятий;

– предоставление механизмов интерактивного взаимодействия между участниками учебного процесса;

– предоставление возможности проведения референдумов, контролей знаний, экзаменов; обеспечение механизмов распределения индивидуальных заданий между студентами;

– обеспечение контроля посещаемости и информации о местонахождении студентов;

– обеспечение контроля успеваемости.

Объекты и методы исследования

Одним из наиболее перспективных подходов для создания мобильных технологий, предоставляющим безопасный доступ к корпоративным информационным ресурсам организации при использовании собственных устройств пользователей, является подход на основе средств централизованного управления мобильными устройствами (MDM), которые обеспечивают управление распространением программного обеспечения, политиками, безопасностью, предоставляемыми услугами. Архитектура такой системы представлена на рис. 1.

Предложенная далее методика была разработана для проведения апробации внедрения системы централизованного управления мобильными устройствами «СмартГейт» в Санкт-Петербургском политехническом университете и Белгородском государственном технологическом университете им. В. Г. Шухова в ходе реализации комплексного проекта компании IBS (Москва) и Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого «Создание российского аналога системного программного обеспечения для централизованного управления персональными мобильными устройствами и платформами в корпоративных сетях» в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 №218 при финансовой поддержке Минобрнауки России (договор № 02.G25.31.0024 от 12.02.2013) [5–8].

В качестве целей апробации были определены следующие: проверка функционала платформы «СмартГейт» на всем диапазоне мобильных устройств и версий мобильных операционных систем, которые могут оказаться в распоряжении пользователей; тестирование возможности использования платформы не менее чем 5 преподавателями и не менее чем 100 студентами, обучающимися в не менее чем в 8 группах; а также оценка удобства использования разработанного дизайна.

В качестве основных целевых групп пользователей для апробации были определены преподаватели вуза и студенты.

В качестве апробируемого функционала были определены:

1. самостоятельная регистрация пользователем устройства на портале самообслуживания;
2. блокировка фото, аудио, видео-записи и доступа в интернет;
3. автоматический контроль посещаемости на основании фактического местоположения пользователя и сканера QR-кодов;

4. автоматизированная установка корпоративных приложений;
5. управление доступом и доступ к информационным панелям, проекторам и многофункциональным устройствам (принтер, сканер);
6. мгновенное оповещение отдельных пользователей и пользовательских групп;
7. проведение интерактивных опросов на занятиях (с использованием внешних средств проведения опросов);
8. распространение контента с использованием платформы «СмартГейт».

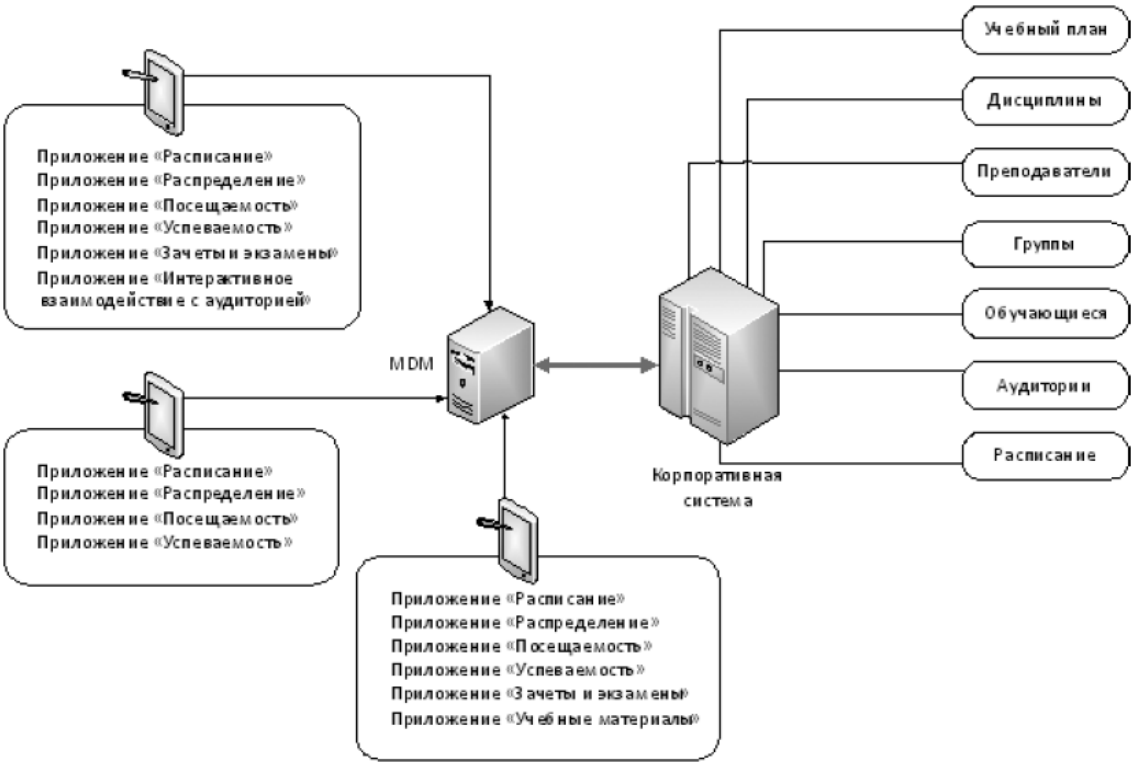


Рис. 1. Архитектура системы поддержки образовательного процесса
Fig. 1. The system architecture to support the educational process

Среди участников апробации были 5 преподавателей Института компьютерных наук и технологий СПбПУ Петра Великого (1 профессор, 2 доцента, 2 старших преподавателя), 100 студентов 1–4 курсов Института компьютерных наук и технологий СПбПУ Петра Великого.

Методами сбора обратной связи были анкетирование студентов и преподавателей, а также углубленное интервью преподавателей.

План апробации представлен в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

План апробации
Testing plan

Наименование этапа	Содержание работ	Вариант отчетность
1	*2*	*3*
Подготовка апробации	Развертывание программного обеспечения «СмартГейт» и сервисов, необходимых для апробации.	
	Подготовка необходимого оборудования в аудиториях.	
	Подготовка преподавателей. Регистрация преподавателей и тестирование ими апробируемого функционала	Список зарегистрированных преподавателей.

Окончание табл. 1

1	2	3
Апробация	Самостоятельная регистрация студентов на портале самообслуживания	Список зарегистрированных студентов.
	Автоматизированная установка корпоративных приложений	Журнал установки приложений
	Автоматический контроль посещаемости	Таблица учета посещаемости за календарный месяц
	Блокировка фото, аудио, видео записи, доступа в интернет	Журналы блокировок
	Мгновенное оповещение отдельных пользователей и их групп	Журнал оповещения
	Проведение интерактивных опросов на занятиях	Таблица результатов опроса
	Распространение контента с использованием платформы	Журнал распространения контента
Проведение анкетирования участников апробации	Проведение анкетирования	Отчет о результатах анкетирования
	Проведение углубленных интервью	Отчет о результатах интервьюирования
Разработка отчетов	Разработка отчета о результатах апробации	Отчет о результатах апробации
	Разработка предложений по доработке платформы по результатам апробации	Предложения по доработке платформы по результатам апробации

Результаты и их обсуждение

В процессе подготовительной фазы апробации были сформированы сервисы, обеспечено необходимое оборудование и подготовлены списки участников апробации и их личные кабинеты в системе управления пользователями «СмартГейт». После этого проводилась основная часть апробации. Самостоятельная регистрация студентов на портале самообслуживания «СмартГейт» проводилась путем перехода на портал самообслуживания, в котором была возможность зарегистрировать новое устройства. В результате установки серверного сертификата и профиля устройства в системе происходила регистрация устройства. Процедура имела разные алгоритмы проведения на трех апробируемых платформах (iOS, Android, Windows Phone).

Следующим шагом при апробации стала автоматизированная установка корпоративных приложений на мобильное устройство. «СмартГейт» по умолчанию при регистрации устройства устанавливает первоначальный блок необходимых приложений: «Мобильное расписание», «Мобильная почта», «Мобильная библиотека», «Приложения» и «О программе».

Далее в приложении для создания мероприятия формировалась новая запись путем ввода наименования мероприятия, его краткого описания, выбора здания, указания времени начала и окончания мероприятия, перечня ведущих и участников, а также сформировать процедуру регистрации.

При выборе ручной регистрации каждый выбранный участник мог зарегистрироваться на мероприятии самостоятельно посредством ручного ввода необходимой информации. При выборе камеры устройства система формировала QR-код мероприятия, который ведущий распечатывал для регистрации участников на мероприятии. Также тестировался третий механизм регистрации, при котором считать QR-код и пройти регистрацию можно было непосредственно на устройстве преподавателя (Рис. 2).

В рамках апробации тестирования и блокировки фото, аудио, видео-записи и доступа в интернет проводились работы по формированию политики конфиденциальности на мероприятиях. Политики формировались в консоли управления «СмартГейт». При этом указывалось наименование политики, вид необходимых блокировок устройств, пароль, сервисы (мобильная библиотека и др.), сети. После этого проводилось тестирование блокировки видео- и аудио-записей на мероприятиях.

Подключение к устройствам в процессе обучения (МФУ, проекторы) для преподавателей и некоторой части студентов было проведено по следующей схеме управления доступом к информационным ресурсам:

1. Организована Wi-Fi сеть с общедоступным принтером, поддерживающим печать с мобильных устройств (в т.ч. AirPrint);
2. Администратором в MDM создан профиль сети. Профиль включен в политику, применяемую при начале мероприятия на мобильные устройства участников.

3. Для доступа к принтеру с мобильного устройства пользователь в пользовательской роли «Преподаватель» подключался к Wi-Fi сети (выбирая конфигурацию из списка) и, используя стандартные средства мобильной платформы, отправлял документ на печать. Важно отметить, что для печати с устройств Apple дополнительное программное обеспечение на мобильном устройстве не требуется, для мобильных операционных систем Android и WindowsPhone должно быть установлено программное обеспечение, рекомендуемое производителем принтера.

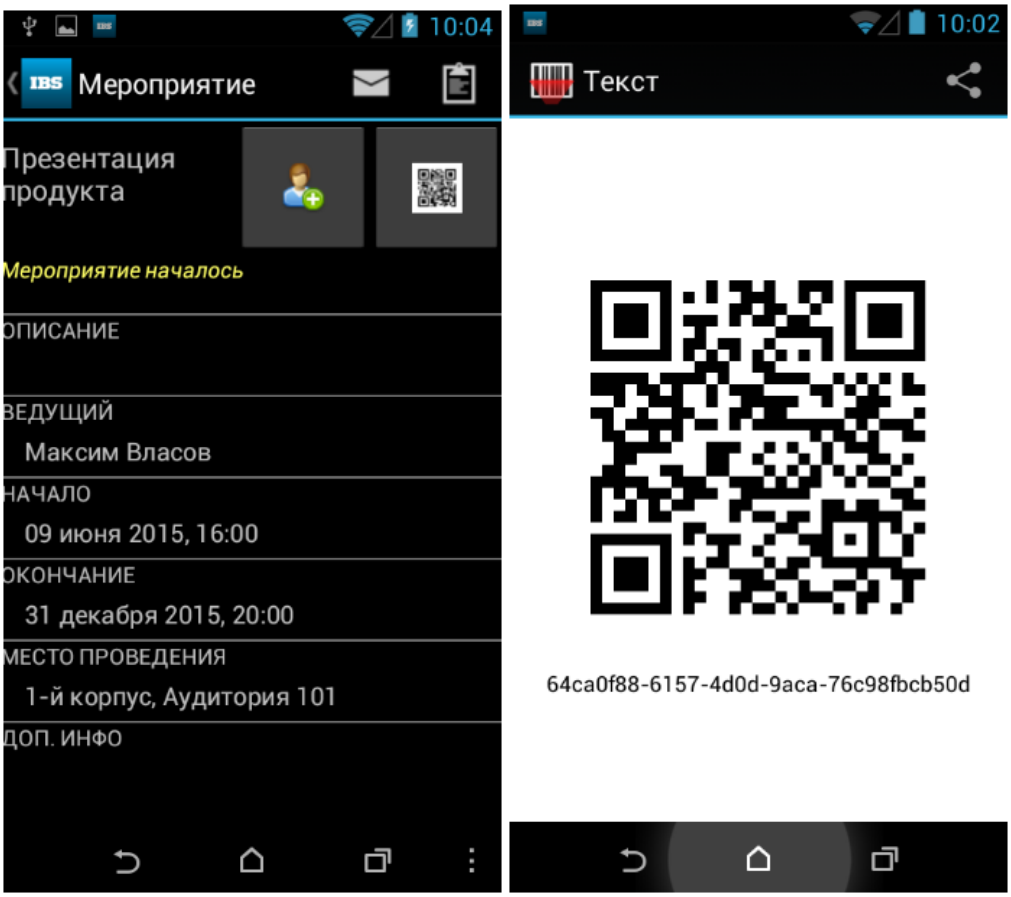


Рис. 2. Регистрация на мероприятие с помощью QR-кода
Fig. 2. Registration for the event via QR-code

Мгновенное оповещение отдельных пользователей и их групп было реализовано с помощью формирования уведомлений для отдельных пользователей и пользовательских групп в консоли управления «СмартГейт». При создании оповещений указывались адресаты (группы или конкретные пользователи) и вводился текст сообщения. Также, с помощью панели рассылки документов в личном кабинете преподавателя было произведено тестирование инструментов распространения контента. «СмартГейт» предоставляет возможность проводить интерактивные опросы на занятиях. Таким опросом был в том числе сбор обратной связи по итогам апробации «СмартГейт» с помощью мобильного опроса. Ведущий мероприятия получал сводные результаты опроса и мог посмотреть результаты каждого студента в отдельности.

Для анализа результатов апробации проводилось анкетирование студентов и преподавателей, а также интервьюирование преподавателей. Анкета содержала в себе вопросы, касающиеся удобств и недостатков Системы.

Для студентов был разработан следующий перечень вопросов и получены следующие ответы на них (табл. 2).

В целом по результатам проведенного опроса среди студентов можно сделать выводы об успешной апробации платформы «СмартГейт» и отметить высокую вовлеченность студентов в использование мобильных технологий при обучении.

Анкетирование и интервьюирование преподавателей запланировано на следующем этапе апробации.

Таблица 2
Table 2

Итоги анкетирования студентов
The results of the students survey

Вопросы	Ответы студентов
1	*2*
Удалось ли с первого раза зарегистрировать устройство в СмартГейт?	Да – 80.0% Нет – 20.0%
Оцените удобство процедуры регистрации и настройки устройства.	не удобно – 10.0% удовлетворительно – 10.0% нормально – 50.0% удобно – 30.0%
Как изменился контроль посещаемости с помощью QR-кодов? (по сравнению с привычными методами контроля посещаемости)	усложнился – 10.0% ничего не изменилось – 10.0% стало удобнее – 80.0%
Оцените изменение влияния мобильных устройств на обучение после подключения к СмартГейт?	отвлекает от обучения – 10.0% влияние не изменилось – 40.0% помогает обучению – 50.0%
Сколько раз и каким оборудованием в процессе обучения Вам предоставлялась возможность пользоваться?	Принтер (МФУ) – 10.0% Проектор – 0% Информационные панели – 0% Возможность не предоставлялась – 80.0% Другое – 10.0%
Оцените удобство проведения тестов (опросов) с помощью мобильных устройств? (по сравнению с привычными методами)	не получал приглашений к участию в опросах – 10.0% получал приглашения, но не участвовал – 10.0% участвовал, традиционные формы удобнее – 0% участвовал, сравнимо с традиционными методами – 60.0% участвовал, удобнее чем традиционные методы – 20.0%
Пользовались ли Вы мобильными образовательными ресурсами в процессе апробации?	нет – 50.0% от 1 до 3 раз – 30.0% свыше 3 раз – 20.0%
Насколько удобнее получение актуальной информации по учебному процессу посредством мобильного устройства (по сравнению с традиционными методами)?	усложнилось – 0% ничего не изменилось – 20.0% стало удобнее – 80.0%
Насколько удобнее получение актуальной информации по учебному процессу посредством мобильного устройства (по сравнению с традиционными методами)?	гораздо удобнее – 70.0% сравнимо с привычными методами оповещения – 30.0% менее удобно – 0%
Укажите самый большой недостаток использования мобильных устройств в обучении.	Большинство респондентов отметили отсутствие интернета в некоторых помещениях вуза.
Укажите самое большое достоинство использования мобильных устройств в обучении.	Большинство респондентов отметили мобильность, доступность и скорость доступа к сервисам.
Ваши пожелания на будущее.	Пожелания касались в основном оптимизации интерфейсов мобильных приложений и отказу от ограничений и сбора информации с устройств.
Получали ли Вы сообщения на свое устройство от преподавателей? Насколько такие сообщения удобнее привычных способов связи с преподавателями?	Менее удобно – 0% Сравнимо с привычными методами – 10.0% Удобно – 90.0%
Укажите, какие способы связи с преподавателями являются для Вас привычными.	Электронная почта – 90.0% Группы в социальных сетях – 0% Мобильный мессенджер – 10.0% Другое – 0%
Производили ли преподаватели установку сторонних мобильных приложений на Ваше устройство через платформу «СмартГейт»? Насколько такая установка приложений удобнее обычной рассылки гиперссылки?	Менее удобно – 40.0% Сравнимо с привычными методами – 60.0% Удобно – 0%
Укажите, какие приложения устанавливались на Ваше мобильное устройство.	Calculator, Internet, play store, gmail, instagram, polaris office, barcode scanner, Vkontakt, Facebook, camera, messaging, call, SmartGate agent

Окончание табл. 2

1	2
Считаете ли Вы обоснованным запрет на использование мобильных средств связи на отдельных учебных мероприятиях (контрольных работах, экзаменах), при условии, что он регламентирован на уровне вуза и «прозрачен»? (обоснуйте ответ)	Мнения студентов разделились поровну: аргументами в пользу запретов стали объективность результатов контроля и снижение отвлекающих факторов, аргументами против – гипотетическая возможность возникновения экстренных ситуаций и неприятие тотального контроля.
Готовы ли Вы мириться с потенциальной возможностью временного отключения мобильных устройств на отдельных учебных мероприятиях в обмен на дополнительные возможности (сервисы) мобильных устройств, обеспечиваемые вузом?	Да, даже без сервисов – 20.0% Зависит от предоставляемых сервисов – 50.0% Нет – 30.0%
Готовы ли Вы мириться с потенциальной возможностью сбора вузом данных о вашем местоположении в учебное время в обмен на сервисы, предоставляемые вузом на основе собранных данных (например, автоматический контроль посещаемости, публикация данных об очередях на территории вуза в онлайн-режиме, и пр.)?	Да, даже без сервисов – 20.0% Зависит от предоставляемых сервисов – 20.0% Нет – 60.0%
Какие мобильные сервисы Вы бы хотели получать через платформу «СмартГейт» в первую очередь?	доступ к интернету, оборудованию вуза с мобильных устройств, результатам успеваемости и мобильной версии расписания занятий
Использовали ли вы мобильные устройства для обучения вне аудиторий? Каким образом?	80% респондентов скачивали материалы, общались, пользовались сервисами в общественном транспорте и лишь 20% не пользовались вне аудиторий.
Сталкивались ли Вы с техническими сложностями и ошибками при использовании платформы «СмартГейт»? Если да, то опишите подробнее.	89% респондентов не сталкивались с проблемами, и лишь 11% столкнулись с ограничениями установки приложений на «взломанные» устройства или проблемами, решаемыми переустановкой приложений.

Заключение

Таким образом, проводимая апробация уже на данном этапе проекта позволила сделать следующие выводы. Во-первых, внедрение технологии управления мобильными устройствами для создания мобильной образовательной среды вуза окупается за счет сокращения расходов на оборудование, поддержку инфраструктуры и связь. Во-вторых, вместо принуждения пользователей к освоению новых технологий в рамках централизованных программ внедрения мобильных технологий в образование целесообразно позволить самим сотрудникам и студентам осваивать новшества, предоставив им социальные инструменты, которые позволили бы привлечь своим примером коллег. В-третьих, ключевым фактором успешного внедрения мобильных технологий в образовании является мотивация преподавателей, которая основывается на их уверенном применении технологий, осознании их потенциала и выгод для повседневного применения. В четвертых, следует отметить, что для студентов определяющими факторами успешного применения мобильных технологий в образовании являются легкий доступ к образовательным ресурсам из любого места и использование уникальных мобильных сервисов вуза, поддерживающих образовательный процесс.

В целом, использование предложенной методики апробации позволит вузам кастомизировать мероприятия по внедрению мобильных образовательных технологий в образовательный процесс таким образом, чтобы сделать процедуру внедрения максимально экономически эффективной для вуза, комфортной для пользователей и результативной в части оказываемого эффекта на результаты обучения.

Благодарности

Результаты получены в рамках апробации программного обеспечения системы централизованного управления мобильными устройствами, разработанного в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 №218 при финансовой поддержке Минобрнауки России (договор № 02.G25.31.0024 от 12.02.2013).

Список литературы
References

1. Alzaza N. S., Yaakub A.R. Students' awareness and requirements of mobile learning services in the higher education environment. American Journal of Economics and Business Administration 3.1 (2011): 95. Academic OneFile. Web. pp. 95–100, 13 Oct. 2013

Alzaza N. S., Yaakub A.R. Students' awareness and requirements of mobile learning services in the higher education environment. American Journal of Economics and Business Administration 3.1 (2011): 95. Academic OneFile. Web. pp. 95–100, 13 Oct. 2013

2. Casabona J. et al. (2014) BYOD Strategy (Service Mobility), The University of Scranton.

Casabona J. et al. (2014) BYOD Strategy (Service Mobility), The University of Scranton.

3. Goundar, S. (2011), What is the Potential Impact of Using Mobile Devices in Education? Using Mobile Devices in Education. Proceedings of SIG GlobDev Fourth Annual Workshop, Shanghai, China - December 3, 2011.

Goundar, S. (2011), What is the Potential Impact of Using Mobile Devices in Education? Using Mobile Devices in Education. Proceedings of SIG GlobDev Fourth Annual Workshop, Shanghai, China - December 3, 2011.

4. Hammond, K. (2014). Learning to fish for a lifetime: Personalised mobile academic phrase libraries – project proposal. In B. Hegarty, J. McDonald, & S.-K. Loke (Eds.), Rhetoric and Reality: Critical perspectives on educational technology. Proceedings ascilite Dunedin 2014, pp. 495–499.

Hammond, K. (2014). Learning to fish for a lifetime: Personalised mobile academic phrase libraries – project proposal. In B. Hegarty, J. McDonald, & S.-K. Loke (Eds.), Rhetoric and Reality: Critical perspectives on educational technology. Proceedings ascilite Dunedin 2014, pp. 495–499.

5. Иванченко Д.А., Попов С.О., Хмельков И.А. Мобильные устройства и сервисы в высшем образовании: основные барьеры и направления развития // Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. №12(78). С. 38–48.

Ivanchenko D.A., Popov S.O., Hmel'kov I.A. Mobil'nye ustrojstva i servisy v vysshem obrazovanii: os-novnye bar'ery i napravlenija razvitija // Distancionnoe i virtual'noe obuchenie. 2013. №12(78). S. 38–48.

6. Иванченко Д.А., Хмельков И.А., Райчук Д.Ю., Митрофанов А.М., Самочадин А.В., Рогов П.А. Применение подходов BYOD для построения стратегии информатизации высшего учебного заведения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2013. №3(174). С. 85–92.

Ivanchenko D.A., Hmel'kov I.A., Rajchuk D.Ju., Mitrofanov A.M., Samochadin A.V., Rogov P.A. Pri-menenie podhodov BYOD dlja postroenija strategii informatizacii vysshego uchebnogo zavedenija // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. 2013. №3(174). S. 85–92.

7. Самочадин А.В., Бабешко В.Н., Колосков С.С. Технологические вопросы использования мобильных технологий в образовании. // Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2015) / Под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина: Труды международной научно-практической конференции. 8–10 октября 2015 г. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С. 804–809.

Samochadin A.V., Babeshko V.N., Koloskov S.S. Tehnologicheskie voprosy ispol'zovanija mobil'-nyh tehnologij v obrazovanii. // Innovacionnaja jekonomika i promyshlennaja politika regiona (JeKO-PROM-2015) / Pod red. d-ra jekon. nauk, prof. A.V. Babkina: Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 8–10 oktjabrja 2015 g. – SPb.: Izd-vo Politehn. un-ta, 2015. – S. 804–809.

8. Samochadin A., Raychuk D., Voinov N., Ivanchenko D., Khmelkov I. MDM based Mobile Services in Universities // International Journal of Information Technology & Computer Science (IJITCS), Vol. 13. No. 2 / March+April, 2014. P. 35–41.

Samochadin A., Raychuk D., Voinov N., Ivanchenko D., Khmelkov I. MDM based Mobile Services in Universities // International Journal of Information Technology & Computer Science (IJITCS), Vol. 13. No. 2 / March+April, 2014. P. 35–41.

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 629.783

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА GEO, MEO И LEO ОРБИТАХ

EVALUATION OF SATELLITE COMMUNICATIONS FOR GEO, MEO AND LEO ORBIT

Сидоренко И.А., Евтушенко М.А.
Sidorenko I.A., Evtushenko M.A.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: 713634@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье описана методика проведения сравнительной оценки эффективности систем спутниковой связи с ИСЗ на различных типах орбит. Методика разработана с использованием метода, основанного на применении условных критериев предпочтения с введением обобщенного показателя качества. Приводится пример сравнительной оценки эффективности систем спутниковой связи с ИСЗ на GEO, MEO и LEO орбитах.

Resume. This article describes the methodology of comparative assessment of the effectiveness of the systems of satellite communication with satellites in orbits of different types. The method developed using the method based on the use of conditional criteria preferences with the introduction of the generalized indicator of quality. An example of a comparative assessment of the effectiveness of systems of satellite communication with satellites in GEO, MEO and LEO orbits.

Ключевые слова: эффективность систем связи, системы спутниковой связи, GEO, MEO и LEO орбиты.
Keywords: the effectiveness of communication systems, satellite communications, GEO, MEO and LEO orbits.

Введение

Активное построение информационного общества обусловило быстрое развитие информационных технологий, сопровождающееся процессами глобализации и персонализации телекоммуникаций. Конечной целью этих процессов является построение глобальной инфокоммуникационной среды, обеспечивающей каждому пользователю свободный удаленный доступ к электронным ресурсам различного рода. Очевидно, что, не смотря на достигнутые успехи в построении различного рода проводных и беспроводных наземных систем передачи данных, полностью заявленные цели могут быть достигнуты только при использовании глобальных спутниковых систем связи (ССС).

Основными преимуществами ССС являются: большая зона покрытия, независимость от характера рельефа земной поверхности, возможность предоставления широкого спектра услуг. Существенным недостатком ССС является значительная стоимость ресурсов спутниковых каналов. Однако влияние этого фактора в ближайшей перспективе будет снижаться. Во-первых, плата за ресурсы может быть сравнима с затратами на построение наземных сетей для труднодоступных, отдаленных и малонаселенных участков территории. Во-вторых, стоимость ресурсов ССС не зависит от размеров территории и количества пользователей, и при привлечении большего количества пользователей удельные затраты могут оказаться ниже чем в системах, построенных на основе наземных каналов связи. Например, согласно прогнозам, приведенным в [1], в России в 2016 году запрос на услугу персональной связи посредством ССС будет удовлетворен только на 2,7%, а многофункциональная космическая система ретрансляции сможет обеспечить только 22% необходимой пропускной способности. В этих условиях вопросы прогнозирования путей развития ССС приобретают особую значимость и широко обсуждаются в научно-техническом сообществе [1-8].

Перечисленные факторы обуславливают необходимость аналитического обзора состояния и тенденций развития рынка инфокоммуникаций в целом и спутниковых телекоммуникаций в частно-

сти. Очевидно, что для этого необходимо располагать методическим инструментарием, позволяющим давать обоснованную оценку эффективности различных систем связи.

Оценка эффективности ССС не является сегодня тривиальной задачей, поскольку современные спутниковые системы используют различные типы орбит для ИСЗ и существенно отличаются по своим параметрам и характеристикам. В табл. 1 приведены основные параметры некоторых ССС, использующих различного рода орбиты ИСЗ: геостационарную (GEO), средневысотные (MEO) и низкие (LEO). Данные таблицы показывают существенное различие значений параметров у сравниваемых систем.

Таблица 1
Table 1

Параметры перспективных систем спутниковой связи
Advanced Options satellite communication systems

№ п/п	Исходные параметры и показатели	Величина параметра для системы		
		GEO (Inmarsat)	MEO (ICO)	LEO (Globalstar)
1	Задержка *t*, мс	600	250	170
2	Пропускная способность системы *C*, Гбит/с	3,3	2,8	3,97
3	Количество ИСЗ в созвездии *N*	8	12	48
4	Срок службы ИСЗ *T*, лет	15	10	5
5	Ожидаемое количество обслуживаемых абонентов *A*, млн.	3	2,3	5
6	Габариты *V*, м³	20	14	9
7	Масса ИСЗ *G*, т	4	2	0,5
8	Стоимость одного ИСЗ *Q*, млн.дол.	180	100	13
9	Стоимость запуска ИСЗ *q*, млн. дол.	150	50	6
10	Годовые эксплуатационные расходы *ε*, млн.дол.	75	135	227
11	Тариф *a*, дол. мин	7	3	4

Анализ литературы и Интернет-ресурсов в области спутниковых систем связи [1-9] показывает, что в настоящее время отсутствует готовая методика оценки эффективности систем спутниковой связи, использующих GEO, LEO и MEO орбиты ИСЗ и предоставляющих различные услуги. В статье [3] предлагается методика оценки эффективности ССС с малыми ИСЗ на LEO, которая сводит оценку эффективности к расчету себестоимости единицы передачи информации. Однако предложенный подход не позволяет сравнить ССС с ИСЗ на GEO, LEO и MEO, параметры и предоставляемые услуги которых существенно отличаются. Поэтому, целью статьи является разработка и апробирование методики сравнительной оценки эффективности систем спутниковой связи, использующих ИСЗ на различных типах орбит.

Объекты и методы исследования

Существующие методики оценки эффективности систем передачи данных основаны на математических или эвристических методах, а также их сочетании. Наиболее точные результаты дают математические методы отыскания наилучшей системы. Они сводится к формированию совокупности исходных данных и критерия предпочтения, и отысканию чисто математическим путем наиболее эффективной системы, которая обладает лучшими параметрами. Теоретические основы для оценки эффективности различных систем связи известны давно, подробно рассмотрены в [10-17] и предполагают использование следующих 3-х совокупностей методов:

-методы, основанные на применении безусловного критерия предпочтения (БКП);

-методы, основанные на применении какого-либо из условных критериев предпочтения (УКП);

-комбинации методов, указанных выше.

Ко второй группе методов относятся:

-метод, основанный на введении результирующего показателя качества;

-минимаксный метод;

-метод с переводом всех показателей качества $к_1,...,к_m$ за исключением одного, в разряд ограничений (типа равенств или неравенств);

-метод последовательных уступок;

-комбинированные методы, основанные на комбинации нескольких УКП.

В результате сравнительного анализа различных методов было принято решение использовать для оценки эффективности систем спутниковой связи метод, основанный на применении условных критериев предпочтения с введением обобщенного показателя качества.

Отметим две особенности выбранного метода:

1. При использовании УКП учитывается различие в относительной важности отдельных показателей качества $к_1,...,к_m$ (путем выбора соответствующих значений весов $c_i,...,c_m$ на основе экспертных оценок).

2. В ряде случаев вычислительные трудности оказываются меньшими.

На основе выбранного метода была разработана методика оценки эффективности систем спутниковой связи по ряду обобщенных показателей, с помощью которых сравниваемые системы ставились в равные условия. Центральным моментом методики оптимального выбора системы является формирование оценок эффективности анализируемых систем — целевых функций внешних и внутренних параметров систем и их сравнение между собой.

Результаты и их обсуждение

Расчет обобщенных оценок эффективности ССС по предложенной методике может быть выполнен в следующей последовательности.

Используя данные табл. 1, вычислим обобщенные показатели рассматриваемых систем. Определяем коэффициент компактности:

$$\upsilon_i = V_i \times G_i \tag{1}$$

где V_i – габариты ИЗС; G_i – масса ИЗС

$$\upsilon_1 = V_1 \times G_1 = 20 \times 4 = 80 м^3 т$$
$$\upsilon_2 = V_2 \times G_2 = 14 \times 2 = 28 м^3 т$$
$$\upsilon_3 = V_3 \times G_3 = 9 \times 0.5 = 4.5 м^3 т$$

Находим удельный расход ИСЗ за один год:

Из данных табл.1 видно, что ИСЗ на геостационарной орбите за 15 лет будет 8; на средне-орбитальной за 10 лет – 12 ИСЗ; на низкоорбитальной за 5 лет – 48 ИСЗ. Значение под общим показателем возьмем l=30 лет (т.к. 5, 10 и 15 лет, то коэффициент b_1=30/15=2; b_2=30/10=3; b_3=30/5=6), чтобы вычислить удельный расход ИСЗ за один год, необходимо:

$$\eta_i = \frac{N_i \times b_i}{l} \tag{2}$$

где N_i - количество ИЗС в созвездии; b_i-коэффициент работоспособности; l – общий показатель работоспособности на орбите

$$\eta_1 = \frac{N_1 \times b_1}{l} = \frac{8 \times 2}{30} = 0{,}53 \text{ (ИСЗ/год)}$$
$$\eta_2 = \frac{N_2 \times b_2}{l} = \frac{12 \times 3}{30} = 1{,}2 \text{ (ИСЗ/год)}$$
$$\eta_3 = \frac{N_3 \times b_3}{l} = \frac{48 \times 6}{30} = 9{,}6 \text{ (ИСЗ/год)}$$

Вычислим коэффициент прибыльности при 100% загруженности трафика:

$$S_i = A_i \times a_i \tag{3}$$

где: A_i- ожидаемое количество обслуживаемых абонентов; a_i- тариф

$$S_1 = A_1 \times a_1 = 3 \times 7 = 21 млн.дол./мин$$
$$S_2 = A_2 \times a_2 = 2{,}3 \times 3 = 6{,}9 млн.дол./мин$$
$$S_3 = A_3 \times a_3 = 5 \times 4 = 20 млн.дол./мин$$

Суммарная стоимость проекта космического сегмента с учетом запуска и годового обслуживания:

$$W_i = Q_i \times N_i + q_i \times k_i + \varepsilon_i \times T \tag{4}$$

где Q_i – стоимость одного ИЗС; N_i – количество ИЗС в созвездии; q_i– стоимость запуска ИЗС;k_i – множитель количества запусков за 5 лет; ε_i- годовые эксплуатационные расходы; T – срок службы

$$W_1 = Q_1 \times N_1 + q_1 \times k_1 + \varepsilon_1 \times T = 180 \times 8 + 150 \times 2 + 75 \times 5 = 2115 млн.дол.$$
$$W_2 = Q_2 \times N_2 + q_2 \times k_2 + \varepsilon_2 \times T = 100 \times 12 + 50 \times 3 + 135 \times 5 = 2025 млн.дол.$$
$$W_3 = Q_3 \times N_3 + q_3 \times k_3 + \varepsilon_3 \times T = 13 \times 48 + 6 \times 12 + 227 \times 5 = 1831 млн.дол.$$

Результаты расчета сведены в табл. 2. В последнем столбце таблицы помещены экстремальные данные по каждому обобщенному показателю сравниваемых технологий. Эти данные необходимы в дальнейшем для нормирования.

Таблица 2
Table 2

Результаты расчетов обобщенных показателей
The results of calculations of general indicators

№ п.п.	Обобщенные показатели	Величина показателя для системы			Экстремальные обобщенные показатели
		1	2	3	
1	Задержка *t*, мс	600	250	170	170
2	Пропускная способность системы *C*, Гбит/с	3,3	2,8	3,97	3,97
3	Коэффициент компактности υ, м3*т	80	28	4,5	0,53
4	Удельный расход ИСЗ за 1 год *M*, ИСЗ/год	0,53	1,2	9,6	4,5
5	Коэффициент прибыльности *S*, млн.дол.в мин	21	6,9	20	21
6	Суммарная стоимость проекта *W*, млн.дол.	2115	2025	1831	1831

Находим коэффициент успеха по обобщенным показателям систем.
Для первого показателя получаем:

$$\eta_{ij} = \frac{X_i}{X_{\min}} \tag{5}$$

где X – показатель системы; i – порядковый номер системы; j –номер величины показателя системы

$$\eta_{11} = \frac{t_1}{t_{\min}} = \frac{600}{170} = 3{,}53$$

$$\eta_{12} = \frac{t_2}{t_{\min}} = \frac{250}{170} = 1{,}47$$

$$\eta_{13} = \frac{t_3}{t_{\min}} = \frac{170}{170} = 1$$

Для второго показателя:

$$\eta_{21} = \frac{C_1}{C_{\max}} = \frac{3{,}3}{3{,}97} = 0{,}83$$

$$\eta_{22} = \frac{C_2}{C_{\max}} = \frac{2{,}8}{3{,}97} = 0{,}71$$

$$\eta_{23} = \frac{C_3}{C_{\max}} = \frac{3{,}97}{3{,}97} = 1$$

Для третьего показателя:

$$\eta_{31} = \frac{M_1}{M_{\min}} = \frac{0{,}53}{0{,}53} = 1$$

$$\eta_{32} = \frac{M_2}{M_{\min}} = \frac{1{,}2}{0{,}53} = 2{,}26$$

$$\eta_{33} = \frac{M_3}{M_{\min}} = \frac{9{,}6}{0{,}53} = 18{,}1$$

Для четвертого показателя:

$$\eta_{41} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_{\min}} = \frac{80}{4{,}5} = 17{,}8$$

$$\eta_{42} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_{\min}} = \frac{28}{4{,}5} = 6{,}2$$

$$\eta_{43} = \frac{\upsilon_3}{\upsilon_{\min}} = \frac{4{,}5}{4{,}5} = 1$$

Для пятого показателя:

$$\eta_{51} = \frac{S_1}{S_{\max}} = \frac{21}{21} = 1$$

$$\eta_{52} = \frac{S_2}{S_{\max}} = \frac{6{,}9}{21} = 0{,}33$$

$$\eta_{53} = \frac{S_3}{S_{\max}} = \frac{20}{21} = 0{,}95$$

Для шестого показателя:

$$\eta_{61} = \frac{W_1}{W_{\min}} = \frac{2115}{1831} = 1{,}32$$

$$\eta_{62} = \frac{W_2}{W_{\min}} = \frac{2025}{1831} = 1{,}3$$

$$\eta_{63} = \frac{W_3}{W_{\min}} = \frac{1831}{1831} = 1$$

Определяем среднее арифметическое коэффициентов успеха $\overline{\eta}_n$ по каждому обобщенному показателю технологий: $\overline{\eta}_n=(\eta_{11}+...+\eta_{1n})$

$$\overline{\eta}_i = \frac{\sum \eta_{ij}}{x} \tag{6}$$

где η –коэффициент успеха;i – порядковый номер системы; j – номер величины показателя системы;x– количество систем

$$\overline{\eta}_1 = \frac{\eta_{11}+\eta_{12}+\eta_{13}}{3} = \frac{3{,}53+1{,}47+1}{3} = 2$$

$$\overline{\eta}_2 = \frac{\eta_{21}+\eta_{22}+\eta_{23}}{3} = \frac{0{,}83+0{,}71+1}{3} = 0{,}85$$

$$\overline{\eta}_3 = \frac{\eta_{31}+\eta_{32}+\eta_{33}}{3} = \frac{1+2{,}26+18{,}1}{3} = 7{,}12$$

$$\overline{\eta}_4 = \frac{\eta_{41}+\eta_{42}+\eta_{43}}{3} = \frac{17{,}8+6{,}2+1}{3} = 8{,}3$$

$$\overline{\eta}_5 = \frac{\eta_{51}+\eta_{52}+\eta_{53}}{3} = \frac{1+0{,}33+0{,}95}{3} = 0{,}76$$

$$\overline{\eta}_6 = \frac{\eta_{61}+\eta_{62}+\eta_{63}}{3} = \frac{1{,}32+1{,}3+1}{3} = 1{,}21$$

Находим усредненное значение абсолютных отклонений коэффициентов успеха $\Delta\overline{\eta}$ от их среднего арифметического значения:

$$\Delta\overline{\eta}_i = \frac{\sum \left|\eta_{ij} \quad \overline{\eta}_i\right|}{x} \tag{7}$$

где: η – коэффициент успеха; $\overline{\eta}_i$ - среднее арифметическое коэффициентов успеха;i – порядковый номер системы; j – номер величины показателя системы;x– количество систем

$$\Delta\overline{\eta}_1 = \frac{\left|\eta_{11} \quad \overline{\eta}_1\right| + \ldots + \left|\eta_{13} \quad \overline{\eta}_1\right|}{3} = \frac{\left|3{,}53 \quad 2\right| + \left|1{,}47 \quad 2\right| + \left|1 \quad 2\right|}{3} = 1{,}02$$

$$\Delta\overline{\eta}_2 = \frac{\left|\eta_{21} \quad \overline{\eta}_2\right| + \ldots + \left|\eta_{23} \quad \overline{\eta}_2\right|}{3} = 0{,}1$$

$$\Delta\overline{\eta}_3 = \frac{\left|\eta_{31} \quad \overline{\eta}_3\right| + \ldots + \left|\eta_{33} \quad \overline{\eta}_3\right|}{3} = 7{,}32$$

$$\Delta\overline{\eta}_4 = \frac{\left|\eta_{41} \quad \overline{\eta}_4\right| + \ldots + \left|\eta_{43} \quad \overline{\eta}_4\right|}{3} = 6{,}3$$

$$\Delta\overline{\eta}_5 = \frac{\left|\eta_{51} \quad \overline{\eta}_5\right| + \ldots + \left|\eta_{53} \quad \overline{\eta}_5\right|}{3} = 0{,}29$$

$$\Delta\overline{\eta}_6 = \frac{\left|\eta_{61} \quad \overline{\eta}_6\right| + \ldots + \left|\eta_{63} \quad \overline{\eta}_6\right|}{3} = 0{,}17$$

Вычисляем меру разброса D_{ni} для каждого обобщенного показателя i - й группы:

$$D_{ij} = \frac{\Delta\overline{\eta}_i}{\overline{\eta}_i} \tag{8}$$

где: $\overline{\eta}_i$ - усредненное значение абсолютных отклонений коэффициентов успеха $\overline{\eta}_i$ - среднее арифметическое коэффициентов успеха; i – порядковый номер системы; j – номер величины показателя системы.

$$D_{11} = \frac{\Delta\overline{\eta}_1}{\overline{\eta}_1} = \frac{1{,}02}{2} = 0{,}51$$

$$D_{21} = \frac{\Delta\overline{\eta}_2}{\overline{\eta}_2} = \frac{0,1}{0,85} = 0,12$$

$$D_{33} = \frac{\Delta\overline{\eta}_3}{\overline{\eta}_3} = \frac{7,32}{7,12} = 1,03$$

$$D_{43} = \frac{\Delta\overline{\eta}_4}{\overline{\eta}_4} = \frac{6,3}{8,3} = 0,76$$

$$D_{57} = \frac{\Delta\overline{\eta}_5}{\overline{\eta}_5} = \frac{0,29}{0,76} = 0,38$$

$$D_{62} = \frac{\Delta\overline{\eta}_6}{\overline{\eta}_6} = \frac{0,17}{1,21} = 0,14$$

Вычисляем сумму разброса D_i каждой группы обобщенных показателей:

$$D_i = D_{ij} \tag{9}$$

где: D_{ij} - мера разброса для каждого показателя *i* системы; *i* – порядковый номер системы; *j* – номер величины показателя системы

$$D_1 = D_{11} + D_{21} = 0,51 + 0,12 = 0,63$$

$$D_2 = D_{62} = 0,14$$

$$D_3 = D_{33} + D_{43} = 1,03 + 0,76 = 1,79$$

$$D_7 = D_{57} = 0,38$$

Таблица 3
Table 3

Расчетные показатели $\overline{\eta_n}$, $\Delta\overline{\eta_n}$, D_{ni}, D_i
Estimated $\overline{\eta_n}$, $\Delta\overline{\eta_n}$, D_{ni}, D_i

Номер группы параметров	Номер параметра	Расчетные величины параметров				
		$\overline{\eta}_n$	$\Delta\overline{\eta}_n$	D_{ni}	D_i	β_i
1	1	2	1,02	0,51	0,63	0,275
	2	0,85	0,1	0,12		
2	6	1,21	0,17	0,14	0,14	0,157
3	3	7,12	7,32	1,03	1,79	0,192
	4	8,3	6,3	0,76		
7	5	0,76	0,29	0,38	0,38	0,13

Полученные показатели $\overline{\eta_n}$, $\Delta\overline{\eta_n}$, D_{ni}, D_i заносим в соответствующие графы табл. 3. В эту же таблицу помещаем значения весовых коэффициентов β_i экспертного опроса, представленных в табл. 4 ниже. [4]

Таблица 4
Table 4

Весовые коэффициенты параметров β_i
Weightings parameters

№ группы	Группы параметров	Параметры
		β_i
1	Информационная	0,275
2	Технико - экономическая	0,157
3	Технико - эксплуатационная	0,192
4	Аппаратурно - реализационная	0,121
5	Технических решений	0,107
6	Конструктивно - технологическая	0,148
7	Прочие	0,13

Определяем групповые коэффициенты успеха с учетом разброса обобщенных показателей.

$$q_{ij} = \frac{D_{ij}\eta_{ij} + D_{ij}\eta_{ij}}{D_i} \tag{10}$$

где: D_i - сумма разброса каждой группы обобщенных показателей; D_{ij} - мера разброса для каждого показателя *i* системы; *i* – порядковый номер системы; *j* – номер величины показателя системы

Для GEO орбиты:

$$q_{11} = \frac{D_{11}\eta_{11} + D_{21}\eta_{21}}{D_1} = \frac{0{,}51 \quad 3{,}53 + 0{,}12 \quad 0{,}83}{0{,}63} = 3{,}016$$

$$q_{12} = \frac{D_{62}\eta_{61}}{D_2} = \frac{0{,}14 \quad 1{,}32}{0{,}14} = 1{,}32$$

$$q_{13} = \frac{D_{33}\eta_{31} + D_{43}\eta_{41}}{D_3} = \frac{1{,}03 \quad 1 + 0{,}76 \quad 17{,}8}{1{,}79} = 8{,}133$$

$$q_{17} = \frac{D_{57}\eta_{51}}{D_7} = \frac{0{,}38 \quad 1}{0{,}38} = 1$$

Для MEO орбиты:

$$q_{21} = \frac{D_{11}\eta_{12} + D_{21}\eta_{22}}{D_1} = \frac{0{,}51 \quad 1{,}47 + 0{,}12 \quad 0{,}71}{0{,}63} = 1{,}325$$

$$q_{22} = \frac{D_{62}\eta_{62}}{D_2} = \frac{0{,}14 \quad 1{,}3}{0{,}14} = 1{,}3$$

$$q_{23} = \frac{D_{33}\eta_{32} + D_{43}\eta_{42}}{D_3} = \frac{1{,}03 \quad 2{,}26 + 0{,}76 \quad 6{,}2}{1{,}79} = 3{,}933$$

$$q_{27} = \frac{D_{57}\eta_{52}}{D_7} = \frac{0{,}38 \quad 0{,}33}{0{,}38} = 0{,}33$$

Для LEO орбиты:

$$q_{31} = \frac{D_{11}\eta_{13} + D_{21}\eta_{23}}{D_1} = \frac{0{,}51 \quad 1 + 0{,}12 \quad 1}{0{,}63} = 1$$

$$q_{32} = \frac{D_{62}\eta_{63}}{D_2} = \frac{0{,}14 \quad 1}{0{,}14} = 1$$

$$q_{33} = \frac{D_{33}\eta_{33} + D_{43}\eta_{43}}{D_3} = \frac{1{,}03 \quad 18{,}1 + 0{,}76 \quad 1}{1{,}79} = 10{,}84$$

$$q_{37} = \frac{D_{57}\eta_{53}}{D_7} = \frac{0{,}38 \quad 0{,}95}{0{,}38} = 0{,}95$$

Находим оценки по группам показателей:

$$\gamma_{ij} = q_{ij}\beta_i \tag{11}$$

где β_i - параметр; q_{ij} - групповые коэффициенты успеха; i – порядковый номер системы; j – номер величины показателя системы

Для GEO орбиты:

$$\gamma_{11} = q_{11}\beta_1 = 3{,}016 \quad 0{,}275 = 0{,}8294$$
$$\gamma_{12} = q_{12}\beta_2 = 1{,}32 \quad 0{,}157 = 0{,}21$$
$$\gamma_{13} = q_{13}\beta_3 = 8{,}133 \quad 0{,}192 = 1{,}56$$
$$\gamma_{17} = q_{17}\beta_7 = 1 \quad 0{,}13 = 0{,}13$$

Для MEO орбиты:

$$\gamma_{21} = q_{21}\beta_1 = 1{,}325 \quad 0{,}275 = 0{,}364$$
$$\gamma_{22} = q_{22}\beta_2 = 1{,}3 \quad 0{,}157 = 0{,}204$$
$$\gamma_{23} = q_{23}\beta_3 = 3{,}933 \quad 0{,}192 = 0{,}755$$
$$\gamma_{27} = q_{27}\beta_7 = 0{,}33 \quad 0{,}13 = 0{,}043$$

Для LEO орбиты:

$$\gamma_{31} = q_{31}\beta_1 = 1 \quad 0{,}275 = 0{,}275$$
$$\gamma_{32} = q_{32}\beta_2 = 1 \quad 0{,}157 = 0{,}157$$
$$\gamma_{33} = q_{33}\beta_3 = 10{,}84 \quad 0{,}192 = 2{,}08$$
$$\gamma_{37} = q_{37}\beta_7 = 0{,}95 \quad 0{,}13 = 0{,}1235$$

Результаты оценок по группам показателей сведены в табл. 5.

Таблица 5
Table 5

Оценки по группам показателей
Estimates for groups of indicators

№ группы	Группы параметров	Величина параметра для технологии		
		1	2	3
1	2	3	4	5
1	Информационная	0,8294	0,364	0,275
2	Технико - экономическая	0,21	0,204	0,157
3	Технико - эксплуатационная	1,56	0,755	2,08
4	Аппаратурно - реализационная	-	-	-
5	Технических решений	-	-	-
6	Конструктивно - технологическая	-	-	-
7	Прочие	0,13	0,043	0,1235

Находим обобщенные оценки эффективности для каждой из сравниваемых систем спутниковой связи:

$$\gamma_i = \sum \gamma_{ij} ,$$

где γ_{ij} - оценка по группам показателей; i – порядковый номер системы; j – номер величины показателя системы

$$\gamma_1 = \gamma_{11} + \gamma_{12} + \ldots + \gamma_{14} = 0,8294 + 0,21 + 1,56 + 0,13 = 2,7294$$

$$\gamma_2 = \gamma_{21} + \gamma_{22} + \ldots + \gamma_{24} = 0,364 + 0,204 + 0,755 + 0,043 = 1,366$$

$$\gamma_3 = \gamma_{31} + \gamma_{32} + \ldots + \gamma_{34} = 0,275 + 0,157 + 2,08 + 0,1235 = 2,6355$$

Результаты расчетов ССС приведены в виде столбцовой диаграммы на рис.1, где по оси ординат отложены обобщенные оценки эффективности, а по оси абсцисс – ССС по типу орбиты.

Из диаграммы видно, что по критериям обобщенной оценки эффективности лучшей является ССС с геостационарной орбитой. Это обусловлено превосходством данной технологии по первой и второй группам показателей при относительно высоких данных по третьей и седьмой группам (см. табл. 5). Не на много меньший показатель эффективности у ССС с ИСЗ на низкой орбите, которые на сегодняшний день активно эксплуатируются на ровне с геостационарными ССС. Существенно уступает по обобщенному показателю эффективности ССС с ИСЗ на средневысотной орбите.

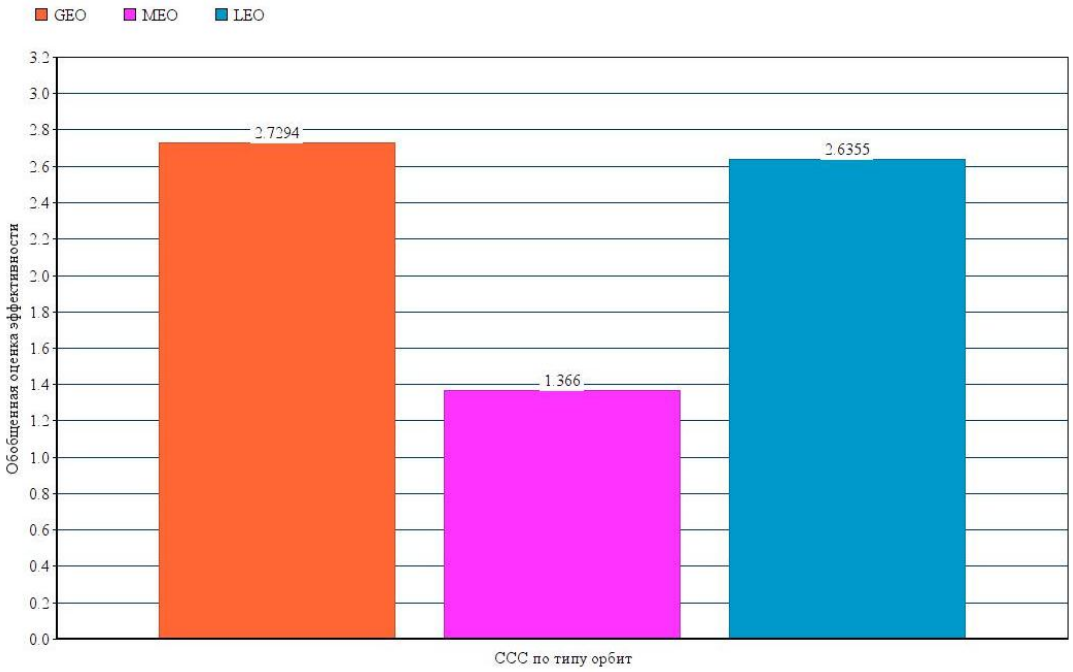


Рис.1. Результаты расчета эффективности ССС по типу орбит
Fig. 1. The results of calculation of efficiency of CCC-type orbits

Заключение

Полученные результаты оценки эффективности ССС совпадают с оценками и выводами экспертов, взятыми из открытых источников, что подтверждает корректность предлагаемой методики. Предложенная методика обладает гибкостью с точки зрения постановки задачи исследований, поэтому может быть широко использована на практике. Для более точной оценки может потребоваться дополнительное, более глубокое исследование с привлечением большего числа качественных показателей для групп 4, 5, 6 из табл.5 и экспертных оценок для выбора весовых коэффициентов.

Кроме этого, следует отметить и тот факт, что большинство ИСЗ предоставляют и некоммерческие услуги для государственных органов власти, различных министерств и ведомств. С учетом этого может существенно снизиться стоимость предоставляемых услуг населению, поскольку значительная часть затрат на изготовление ИСЗ, его запуск и поддержание на орбите, может быть перераспределена между коммерческой и некоммерческой сферами его применения.

Также практический интерес представляет и более тщательное исследование показателей, определяющих коммерческую выгоду. Обобщенный показатель «пропускная способность системы» слабо учитывает различные стратегии по предоставлению услуг. Он ни каким образом не позволяет судить о том, какие конкретно услуги и в каком объеме следует предоставлять потребителям, чтобы получить максимальную прибыль в рамках использования интегрального ресурса ССС – её пропускной способности.

Список литературы
References

1. Российская космонавтика. Что делать… Пресс-конференция Председателя НТС РосКосмоса Коптева Ю.Н. [Электронный ресурс]// URL: https://youtu.be/CR7VKVU-Z_I (дата обращения: 10.09.2015)

Rossijskaja kosmonavtika. Chto delat'… Press-konferencija Predsedatelja NTS RosKosmosa Kopteva Ju.N. [Jelektronnyj resurs]// URL: https://youtu.be/CR7VKVU-Z_I (data obrashhenija: 10.09.2015)

2. Добров Г. М. Прогнозирование науки и техники.- М.: «Наука», 2014.- С. 208.

Dobrov G. M. Prognozirovanie nauki i tehniki.- M.: «Nauka», 2014.- S. 208.

3. Валентин Анпилогов. 2015. Эффективность низкоорбитальных систем спутниковой связи на основе малых космических аппаратов.- Журнал «Технологии и средства связи», №4 2015.

Valentin Anpilogov. 2015. Jeffektivnost' nizkoorbital'nyh sistem sputnikovoj svjazi na osnove malyh kosmicheskih apparatov.- Zhurnal «Tehnologii i sredstva svjazi», №4 2015.

4. Экономическая эффективность и стимулирование создания и внедрения новой техники связи. Информ. Сб. М., «Связь», 2010.- С. 177

Jekonomicheskaja jeffektivnost' i stimulirovanie sozdanija i vnedrenija novoj tehniki svjazi. Inform. Sb. M., «Svjaz'», 2010.- S. 177

5. Справочники по спутниковой связи // [Персональная страница Л.Я. Невдяева] / [Новосибирск, 2003]. URL: http://www.xserzer//231fd.htm (дата обращения: 05.06.15).

Spravochniki po sputnikovoj svjazi // [Personal'naja stranica L.Ja. Nevdjaeva] / [Novosibirsk, 2003]. URL: http://www.xserzer//231fd.htm (data obrashhenija: 05.06.15).

6. Официальный сайт российской компании Юниверс, которая специализируется в области систем спутниковой связи [Электронный ресурс]// URL:http://www.univers-spb.ru/solution/wireless_networks/fso/ (дата обращения: 12.05.2015)

Oficial'nyj sajt rossijskoj kompanii Junivers, kotoraja specializirutsja v oblasti sistem sputnikovoj svjazi [Jelektronnyj resurs]// URL:http://www.univers-spb.ru/solution/wireless_networks/fso/ (data obrashhenija: 12.05.2015)

7. Финансовый рынок телекоммуникаций [Электронный ресурс]// официальный сайт журнала «Connect! Мир Связи». URL: http://www.connect.ru/article.asp?id=5082(дата обращения: 27.05.2015)

Finansovyj rynok telekommunikacij [Jelektronnyj resurs]// oficial'nyj sajt zhurnala «Connect! Mir Svjazi». URL: http://www.connect.ru/article.asp?id=5082(data obrashhenija: 27.05.2015)

8. Спутниковые системы связи [Электронный ресурс]// официальный сайт журнала «Теле-Спутник - 4(114) Апрель 2014 г». URL: http://www.telesputnik.ru/archive/78/article/56.html (дата обращения: 03.06.2015)

Sputnikovye sistemy svjazi [Jelektronnyj resurs]// oficial'nyj sajt zhurnala «Tele-Sputnik - 4(114) Aprel' 2014 g». URL: http://www.telesputnik.ru/archive/78/article/56.html (data obrashhenija: 03.06.2015)

9. Спутниковая связь и вещание. Журнал «Технологии и средства связи». Специальный выпуск, 2015 год. [Электронный ресурс]// официальный сайт журнала «Технологии и средства связи» URL: http://www.tssonline.ru/.html (дата обращения: 13.06.2015)

Sputnikovaja svjaz' i veshhanie. Zhurnal «Tehnologii i sredstva svjazi». Special'nyj vypusk, 2015 god. [Jelektronnyj resurs]// oficial'nyj sajt zhurnala «Tehnologii i sredstva svjazi» URL: http://www.tssonline.ru/.html (data obrashhenija: 13.06.2015)

10. Гуткин Л. С. Проблемы оптимизации радиосистем /Л.С. Гуткин.- М.: Радиотехника, 1970. - С. 21-29.:ил.

Gutkin L. S. Problemy optimizacii radiosistem [Tekst]/L.S. Gutkin.- M.: Radiotehnika, 1970. - S. 21-29.:il.

11. Гуткин Л. С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества/Л.С. Гуткин.- М.: Советское радио, 1975. - С. 12-368.:ил.

Gutkin, L. S. Optimization of electronic devices on the basis of indicators of quality[Text]/L. S. Gutkin.- M.: Soviet radio, 1975. - S. 12-368.:Il.

12. Окунев Ю. Б., Плотников В. Г. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи.- М.: «Связь», 1976. - С. 97.

Okunev Ju. B., Plotnikov V. G. Principy sistemnogo podhoda k proektirovaniju v tehnike svjazi.- M.: «Svjaz'», 1976. - S. 97.

13. Окунев Ю. Б., Плотников В. Г. Оценки эффективности систем связи. – В кн.: «Современные методы и средства обработки сигналов», под ред. Заездного А. М., Л., ЛЭИС, 1971. - С. 95 – 101.

Okunev Ju. B., Plotnikov V. G. Ocenki jeffektivnosti sistem svjazi. – V kn.: «Sovremennye metody i sredstva obrabotki signalov», pod red. Zaezdnogo A. M., L., LJeIS, 1971. - S. 95 – 101.

14. Плотников В. Г. О выборе весовых коэффициентов по различным параметрам систем связи при их сравнении. – «Труды учебных институтов связи», Л., 1969, вып. 46.- С. 167 – 170.

Plotnikov V. G. O vybore vesovyh kojefficientov po razlichnym parametram sistem svjazi pri ih sravnenii. – «Trudy uchebnyh institutov svjazi», L., 1969, vyp. 46.- S. 167 – 170.

15. Плотников В. Г. Сравнение конкретных систем связи на основе обобщенных количественных оценок.- М., «Труды учебных институтов связи», Л., 1970, вып. 51.- С. 3 – 13.

Plotnikov V. G. Sravnenie konkretnyh sistem svjazi na osnove obobshhennyh kolichestvennyh ocenok.- M., «Trudy uchebnyh institutov svjazi», L., 1970, vyp. 51.- S. 3 – 13.

16. Хазин Л. Н., Винник М. А. Показатели унификации. – «Стандарты и качество», 1968, № 2.- С. 15 – 17.

Hazin L. N., Vinnik M. A. Pokazateli unifikacii. – «Standarty i kachestvo», 1968, № 2.- S. 15 – 17.

17. Невдяев Л.Я. Метод экспертных оценок в задаче сравнения систем связи. – «Труды НИИР», 2013, №3.- С. 153 – 156.

Nevdjaev L.Ja. Metod jekspertnyh ocenok v zadache sravnenija sistem svjazi. – «Trudy NIIR», 2013, №3.- S. 153 – 156.

УДК: 004.72 + 519.171

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

APPLYING GRAPH THEORY FOR REGIONAL DATA TRANSFERRING NETWORK ARCHITECTURE MODELING

С.Н. Девицына
S.N. Devitsyna

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: devitsyna@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье показана возможность применения теории графов для решения задачи поиска кратчайшего маршрута между узлами региональной сети передачи данных. Представлена разработка сценария модернизации инфокоммуникационной инфраструктуры региональной сети передачи данных для повышения максимальных скоростей передачи по существующим транспортным магистралям, обеспечения качества сервиса и надежности.

Resume. The article shows the possibility of using graph theory to solve the problem of finding the shortest route between the nodes of the regional data network. Presented scenario development modernization of info-communication infrastructure of regional data transmission network to increase the maximum transmission rate of the existing transport routes, ensure quality of service and reliability.

Ключевые слова: архитектура сети, теория графов, инфокоммуникационные технологии
Keywords: network architecture, graph theory, information and communication technology

Актуальность темы обусловлена тем, что в настоящее время на рынке услуг широкополосного доступа наблюдается стремительный рост объемов передачи интернет-трафика в сетях Операторов связи. Этому способствует рост популярности видео-, мобильных и облачных сервисов, а также увеличение скорости передачи информации и расширение пользовательской базы, охваченной широкополосными услугами. Данный факт приводит к постоянной потребности в увеличении полосы пропускания существующих сетей передачи данных (СПД) с целью поддержания высокого уровня качества предоставляемых услуг.

Важной проблемой является неравномерная загрузка сетевых узлов региональных сетей передачи данных. В результате сеть используется либо не эффективно, либо ее ресурс недостаточен для передачи требуемого объема трафика с гарантированным уровнем качества. Существующая сетевая инфраструктура региональных сетей реализована, как правило, на базе волоконно-оптических линий связи с топологией типа «кольцо». Она объединяет сетевые узлы с разными требованиями к пропускной способности, в связи с чем возникает необходимость проанализировать интенсивность информационных потоков и выявить «узкие места» - перегруженные, либо недогруженные участки сети. Вместе с тем, существующий ресурс межрайонных волоконно-оптических линий связи на многих направлениях практически исчерпан, что не позволяет увеличивать полосу пропускания региональной сети передачи данных простым увеличением количества каналов. Таким образом, требуется разработать комплекс мероприятий по оптимизации как сетевой, так и транспортной инфраструктуры.

Существующие методы оптимизации сетевой инфраструктуры включают применение как новых современных решений – внедрение механизма MPLS (многопротокольная коммутация по меткам), так и проверенных временем способов реконструкции, например, применение технологии волнового уплотнения WDM, позволяющей использовать существующую кабельную инфраструктуру. Эти решения позволяют изменить архитектуру региональных сетей передачи данных, увеличить пропускную способность их сегментов и разгрузить крупные узлы.

Цель работы состоит в разработке сценария модернизации инфокоммуникационной инфраструктуры региональной сети передачи данных для повышения максимальных скоростей передачи по существующим транспортным магистралям, обеспечения качества сервиса и надежности.

Состояние проблемы и задачи исследования. Аналитическому моделированию инфокоммуникационных сетей посвящен ряд работ В.М. Вишневского [1], А.Н. Дудина [2], Г.П. Башарина [3], А.А. Сысоева [4] и многих других авторов [7,8]. В большинстве работ содержатся обобщенные модели сетей, даны общие рекомендации по организации сетевой инфраструктуры. Вместе с тем, в настоящее время известно мало работ, посвященных исследованию широкополосных оптических транспортных сетей, принимающих во внимание особенности концепции сетей связи следующего поколения NGN.

Основным недостатком известных работ по рассматриваемой проблеме является отсутствие целостной концепции, охватывающей широкий круг вопросов разработки научно-технических основ создания широкополосных СПД, разработки методов исследования, моделирования и проектирования структурно-сетевых решений и сетевых устройств, включающего анализ пропускной способности, надежности и разработку путей улучшения этих показателей, а также вопросы синтеза структур и топологий сегментов оптической сети передачи данных, обладающих наилучшими технико-экономическими и эксплуатационными характеристиками.

Постановка задачи. Для оценки эффективности возможных вариантов схем реконструкции, необходимо:

- определить количество дополнительных каналов, организуемых между узлами LSR (коммутирующих метки маршрутизаторов в MPLS сети);
- определить количество новых узлов WDM (систем волнового уплотнения);
- определить средний коэффициент использования пропускной способности каналов связи;
- определить значение длины кратчайшего пути от центрального узла LSR до самого дальнего узла с учетом выполнения требования по ограничению суммарного потока между этими узлами величиной максимальной пропускной способности каналов, входящих в этот маршрут.

Основываясь на результате статистического анализа данных нагрузки сетевых узлов, зададим величину входящего и исходящего информационного потока для каждого узла сети с учетом всплеска с максимальным значением. Полученные значения запишем в таблицу, где $A=\{a_1,a_2,...,a_m\}$ – множество исходящих узлов, $B=\{b_1,b_2,...,b_n\}$ – множество входящих узлов, m, n - существующие IP/MPLS узлы, значение $a_m b_n$ – заданная величина информационного потока между узлами a_m и b_n, измеряемая в Гб/с.

При этом примем, что весь информационный поток, исходящий из узла a_1, сходится в узлах b_n, где $n \neq 1$, а весь поток, исходящий из узлов a_m, где $m \neq 1$, сходится в узле b_1. Такое допущение возможно, если учитывать, что количество данных исходящих из узла a_m, конечным адресом которых является узел b_n, при $m \neq 1$ и $n \neq 1$, значительно меньше, чем между $a_1 b_n$ и $a_m b_1$.

Таким образом, значение $a_m b_n = 0$, при $m \neq 1$ и $n \neq 1$.

Таблица
Table

Исходные данные максимального значения информационного потока между узлами IP/MPLS сети
Initial data maximum value of the flow of information between the nodes of IP/MPLS network

A_m / B_n	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	b_{11}	b_{12}
a_1	0	1	6	1	1	1	4	1	4	3,5	1	1,5
a_2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_3	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_6	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_7	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_9	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{10}	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{11}	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{12}	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Максимальные значения информационного потока между узлами IP/MPLS сети, представленные в таблице, получены на основании анализа статистических данных нагрузки реальной региональной сети передачи данных, приведенных в магистерской диссертации Крамаровского Р., выполненной на кафедре Информационно-телекоммуникационных систем и технологий НИУ «БелГУ».

Моделирование архитектуры сети. Для решения поставленных задач удобно использовать математическую модель сети, представленную в виде неориентированного графа $G(V,E)$ [4, 5], включающего в себя множество вершин $V=\{v_1,v_2,...,v_i\}$, которые соответствуют узлам LSR, и множе-

ство ребер $E = \{u, v | u \in V, v \in V\}$, описывающих существующие физические связи между соседними узлами LSR. Для упрощения расчетов примем, что каждое ребро между смежными ему вершинами отображает все физические связи, имеющиеся между соответствующим этим вершинам узлам LSR.

Пусть первый вариант реконструкции предполагает установку семи узлов WDM на участках, где отсутствует свободный физический ресурс ВОЛС. Архитектура сети MPLS остается неизменной, все магистральные каналы становятся равны между собой.

Первому варианту будет соответствовать граф $G_1(V, E)$, заданный соответствующей матрицей смежности и матрицей весов:

$$S[i, j] = \begin{cases} 1, \text{если вершина } v_i \text{ смежна с вершиной } v_j; \\ 0, \text{если вершина } v_i \text{ не смежна с вершиной } v_j; \\ \infty, \text{ если } i = j; \end{cases}$$

$$W[i, j] = \begin{cases} c_{ij}, \text{если существует ребро } e_{ij}; \\ \infty, \text{если не существует ребро } e_{ij}; \\ \infty, \text{ если } i = j; \end{cases}$$

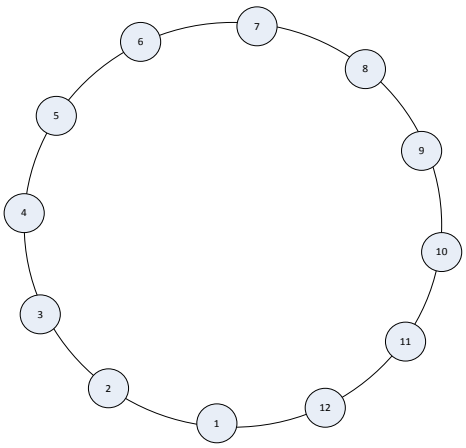


Рис. 1. Расчетная модель сети в виде графа для первого варианта реконструкции
Fig. 1. Estimated network model as a graph for the first embodiment renovation

$$S = \begin{pmatrix} \infty & 1 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 \\ 1 & \infty & 1 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 1 & \infty & 1 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 1 & \infty & 1 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 1 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 1 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 1 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 1 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 1 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 1 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 1 \\ 1 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty \end{pmatrix} \quad W = \begin{pmatrix} \infty & 20 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 20 \\ 20 & \infty & 20 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 20 & \infty & 20 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 20 & \infty & 20 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 20 & \infty & 20 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 20 & \infty & 20 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 20 & \infty & 20 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 20 & \infty & 20 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 20 & \infty & 20 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 20 & \infty & 20 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 20 & \infty & 20 \\ 20 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 20 & \infty \end{pmatrix}$$

Значение w_{ij} задает максимальную пропускную способность канала связи между узлом v_i и узлом v_j.

Граф $G_1(V, E)$ является связным со степенью связности k =2. Это означает, что между любыми двумя вершинами графа существуют два разных пути.

Используя математический аппарат теории графов, найдем минимальное количество ребер, образующим путь между вершинами v_1 и v_j. Результат отобразим в виде матрицы-строки:

$$D[j]=\begin{cases} d, где\ d=\min\sum e_{uv}\big|e_{uv}\in E; \\ 0,\ если\ \ j=1; \end{cases}$$

$D=(0\,1\,2\,3\,4\,5\,6\,5\,4\,3\,2\,1)$;

Обозначим $f_{исх.n}$ – величину исходящего информационного потока из узла v_1 в узел $v_n\big|n\neq 1$, а $f_{вх.j}$ – величину входящего информационного потока в узел v_1 из узла $v_n\big|n\neq 1$. Значение этих величин известно из таблицы.

Используя известный алгоритм поиска кратчайших путей (алгоритм Дейскстры), поочередно проложим кратчайший маршрут из вершины v_1 до вершины v_j, для каждой из которых выполняется текущее условие $D(j)\to\min$. Далее определим все ребра (участки), входящие в каждый текущий маршрут. По каждому из этих ребер может передаваться информационный поток $f_{исх.n}$ или $f_{вх.j}$.

Тогда, любому ребру $e_{uv}\in E$ будет соответствовать величина w_{ij}^*, отражающая суммарный исходящий поток данных, идущий от вершины v_1 к некоторому множеству N вершин v_n и суммарный входящий поток к вершине v_1 от некоторого множества M вершин v_m, в состав кратчайшего пути до которых входит ребро e_{uv}.

$$w_{ij}^*=\sum\nolimits_N f_{исх.n}+\sum\nolimits_M f_{вх.m}\big|n\in N; m\in M;$$

При этом должно выполняться условие:

$w_{ij}^*\le w_{ij}$;

Т.е. суммарный поток не должен превышать максимального значения пропускной способности суммарного канала.

В случаях когда $w_{ij}^*>w_{ij}$, необходимо определить альтернативный маршрут к текущему узлу и в соответствии с этим маршрутом пересчитать значение $D(j)$ для этого узла и вычислить значение w_{ij}^*.

Результат вычислений отобразим в виде матрицы W^*:

$$W^*=\begin{pmatrix} \infty & 14 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 11 \\ 2{,}8 & \infty & 13 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 2{,}6 & \infty & 7 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 1{,}4 & \infty & 6 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 1{,}2 & \infty & 5 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 4 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0{,}8 & \infty & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & 0{,}2 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 1 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 5 & \infty & 1{,}7 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 8{,}5 & \infty & 1{,}9 \\ 2{,}2 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 9{,}5 & \infty \end{pmatrix}$$

Средний коэффициент эффективности использования полосы пропускания каналов связи определим по формуле:

$$k_{эф.ср.}=\frac{\sum_n^N k_{эф,n}}{N},$$

где $k_{эф.n}=\dfrac{w_n^*}{w_n}$ - коэффициент эффективности использования n-го канала связи; N – суммарное количество дуплексных каналов связи.

$k_{эф.ср.}=0{,}42$;

$k_{эф.ср.нов.}=0{,}35$ – средний коэффициент эффективности использования полосы пропускания только новых каналов.

Количество новых монтируемых каналов: $N_{МОНТ.} = 6$;

Количество узлов WDM: $N_{wdm} = 7$;

Максимальное значение пути: $d_{\max} = D(7) = 6$.

Рассмотрим следующий вариант реконструкции сети с использованием двух дополнительных каналов в виде хорд окружности (кольцевой топологии), между центральным узлом и двумя крупными сетевыми узлами с высокой степенью загрузки.

Граф $G_2(V,E)$ (см. рис. 2), заданный соответствующей матрицей смежности S и матрицей весов W, описывает реализацию схемы второго варианта.

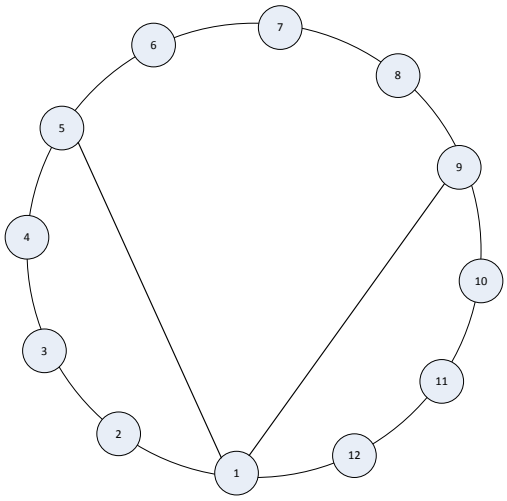


Рис. 2. Расчетная модель сети в виде графа для второго варианта реконструкции с двумя дополнительными каналами между узлами 1 - 5 и 1 - 9

Fig. 2. Estimated network model as a graph for the second variant of reconstruction with two additional channels between nodes 1 - 5 and 1 - 9

$$S = \begin{pmatrix} \infty & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \infty & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \infty \end{pmatrix} \quad W = \begin{pmatrix} \infty & 20 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 10 \\ 20 & \infty & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & \infty & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 20 & \infty & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 20 & \infty & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & \infty & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & \infty & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & \infty & 10 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & \infty & 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & \infty & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & \infty & 10 \\ 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & \infty \end{pmatrix}$$

Граф $G_2(V,E)$ является связным со степенью связности k =4, т.е. между любыми двумя вершинами графа существуют четыре разных пути.

Кратчайшее расстояние между вершинами v_1 и v_j:

$D = (0\,1\,2\,2\,1\,2\,3\,2\,1\,2\,2\,1)$;

Результат вычислений:

$$W^* = \begin{pmatrix} \infty & 7 & \infty & \infty & 7 & \infty & \infty & \infty & 8{,}5 & \infty & \infty & 2{,}5 \\ 1{,}4 & \infty & 6 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 1{,}2 & \infty & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 0 & \infty & 0{,}2 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 1{,}4 & \infty & \infty & 1 & \infty & 5 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 4 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0{,}8 & \infty & 0 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & 0{,}2 & \infty & \infty & \infty \\ 1{,}7 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty & 3{,}5 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0{,}7 & \infty & 0 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & 0{,}2 \\ 0{,}5 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & \infty \end{pmatrix}$$

Средний коэффициент эффективности использования полосы пропускания каналов связи:

$k_{эф.ср.} = 0{,}3;$

Средний коэффициент эффективности использования полосы пропускания только новых каналов

$k_{эф.ср.нов.} = 0{,}93;$

Количество новых монтируемых каналов: $N_{МОНТ.} = 2$;

Количество узлов WDM: $N_{wdm} = 8$;

Максимальное значение пути: $d_{\max} = D(7) = 3$.

По аналогичной методике вычисляются значения коэффициентов эффективности использования полосы пропускания каналов связи и полосы пропускания новых каналов для всех возможных вариантов реконструкции на основе изменения топологии сети и введения WDM-каналов.

Таким образом, возможна реализация различных моделей на основе теории графов, описывающих каждый из вариантов реконструкции. Каждый вариант содержит конкретное количество новых каналов и новых узлов WDM. При помощи моделирования, используя известные алгоритмы, получены данные по распределению нагрузки на каналах и определены коэффициенты их использования по полосе пропускания, а также рассчитаны кратчайшие маршруты между узлами. Кроме того, выработан комплекс критериев для оценки эффективности того или иного варианта реконструкции с учетом конкретных условий функционирования региональной сети.

Заключение. Для выбора сценария модернизации региональной сети передачи данных, на базе теории графов была разработана имитационная модель, позволяющая проанализировать распределение информационных потоков в сетях передачи данных с различной архитектурой.

Предложенные в работе способы оценки эффективности различных схем оптимизации пакетных сетей позволяют на начальном этапе, не прибегая к более сложным исследованиям, более точно и конкретно подготовить технические требования для строительства оптической транспортной сети, оценить затраты на реализацию того или иного решения. Особенностью данной модели является то, что при формировании исходных данных необходимо использовать статистические данные о нагрузке в сетевых узлах реальной сети передачи данных.

Список литературы
References

1. Вишневский В.М. Оптимизация топологии сетей передачи информации большой размерности // А. О. Леонов, Н. Н. Левченко, А. М. Степанов / Автоматика и телемеханика, № 5. – 2007. – С. 18-31.

Vishnevskij V.M. Optimizacija topologii setej peredachi informacii bol'shoj razmernosti // A. O. Leonov, N. N. Levchenko, A. M. Stepanov / Avtomatika i telemehanika, № 5. – 2007. – S. 18-31.

2. Дудин А.Н. Модель сети обслуживания с параллельными маршрутами // М.Х. Ли, Ч.Х. Чое / Автоматика и телемеханика, № 6. – 2007. – С. 134-149.

Dudin A.N. Model' seti obsluzhivanija s parallel'nymi marshrutami // M.H. Li, Ch.H. Choe / Avtomatika i telemehanika, № 6. – 2007. – S. 134-149.

3. Башарин Г.П. Математическая модель адаптивной многоскоростной системы с эластичным трафиком // Г.П. Башарин, С.Н. Клапоущак, Н.В. Митькина / Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика», № 3. - М.: РУДН. - 2008 - С.58-66.

Basharin G.P. Matematicheskaja model' adaptivnoj mnogoskorostnoj sistemy s jelastichnym trafikom // G.P. Basharin, S.N. Klapoushhak, N.V. Mit'kina / Vestnik RUDN. Serija «Matematika. Informatika. Fizika», № 3. - M.: RUDN. - 2008 - S.58-66.

4. Сысоев А.А. 2003. Модели и методы совместной модернизации региональных сетей связи и систем их технической эксплуатации. Автореф. дис. … канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 20 с.

Sysoev A.A. 2003. Modeli i metody sovmestnoj modernizacii regional'nyh setej svjazi i sistem ih tehnicheskoj jekspluatacii. Avtoref. dis. … kand. tehn. nauk. Sankt-Peterburg, 20 s.

5. Агеев Д.В. Структурный и параметрический синтез наложенной сети IP/MPLS поверх сети WDM с применением модели, представленной в виде многослойного графа // Проблемы телекоммуникаций, №3 – 2012. – С. 56-63.

Ageev D.V. Strukturnyj i parametricheskij sintez nalozhennoj seti IP/MPLS poverh seti WDM s primeneniem modeli, predstavlennoj v vide mnogoslojnogo grafa // Problemy telekommunikacij, №3 – 2012. – S. 56-63.

6. Никульский И.Е. 2011. Модели и методы построения широкополосных оптических сетей доступа. Автореф. дис. … доктора техн. наук. Санкт-Петербург, 35 с.

Nikul'skij I.E. 2011. Modeli i metody postroenija shirokopolosnyh opticheskih setej dostupa. Avtoref. dis. … doktora tehn. nauk. Sankt-Peterburg, 35 s.

7. Константинов И.С., Польщиков К.А., Лазарев С.А. Имитационная модель передачи информационных потоков в мобильной радиосети специального назначения // Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика. Информатика. Выпуск 35/1, N013 (210). – 2015. – С. 156-162

Konstantinov I.S., Pol'shhikov K.A., Lazarev S.A. Imitacionnaja model' peredachi informacionnyh potokov v mobil'noj radioseti special'nogo naznachenija // Nauchnye vedomosti BelGU, Serija Jekonomika. Informatika Vypusk 35/1, N013 (210). – 2015. – S. 156-162

8. Буторин В.М., Полянский А.В., Павлова Е.В. Применение алгоритма фиксированной маршрутизации для минимизации среднего времени задержки в сети // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. Выпуск 25/1, N01 (144). – 2013. – С. 164-171.

Butorin V.M., Poljanskij A.V., Pavlova E.V. Primenenie algoritma fiksirovannoj marshrutizacii dlja minimizacii srednego vremeni zaderzhki v seti // Nauchnye vedomosti BelGU,Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. Vypusk 25/1, N01 (144). – 2013. – S. 164-171.

УДК 621.391

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ

ANALYSIS OF STATE AND DEVELOPMENT PERSPECTIVES OF SELF-ORGANIZING NETWORKS

А.В. Проскочило, А.В. Воробьев, М.С. Зряхов, А.С. Кравчук
A.V. Proskochylo, A.V. Vorobyov, M.S. Zriakhov, A.S. Kravchuk

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина, 61070, г. Харьков, ул. Чкалова, 17
National Aerospace University KhAI, 17, Chkalov Street, Kharkiv, 61070, Ukraine

E-mail: a.proskochylo@rtsla.khai.edu, and_vorobey@hotmail.com, zriakhov@mail.ru

Аннотация. В работе проведен обзор и анализ состояния и перспектив развития самоорганизующихся сетей типа MESH, ad-hoc и WSN и их отличительных особенностей. Значительное внимание уделено особенностям формирования топологии самоорганизующейся сети. Проведено сравнение наиболее популярных технологий доступа к беспроводной среде и определены их преимущества и недостатки. Рассмотрена проблема управления топологией самоорганизующейся сети в целом и узлом в частности. В ходе анализа установлены ключевые проблемы в самоорганизующихся сетях, которые требуют своего решения.

Resume. In this work the overview and analysis of the state and development perspectives of self-organizing networks such as MESH, ad-hoc and WSN and their distinctive features have been carried out. Significant attention is given to the peculiarities of self-organizing network topology formation. A comparison of the most popular access technology to the wireless environment has been fulfilled and their advantages and disadvantages have been determined. The issue of self-organizing network topology management in general and in particular node has been considered. During analysis the key issues in the self-organizing networks have been established.

Ключевые слова: самоорганизующиеся сети, ad-hoc, mesh, WSN, маршрутизация, технологии доступа.
Key words: self-organizing network, ad-hoc, mesh, WSN, routing, access technology.

Введение

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения количества мобильных телекоммуникационных устройств, таких как ноутбуки, планшеты, смартфоны и ряда других, количество которых достигнет 10 млрд. уже в 2018 году и сравняется по количеству со стационарными устройствами [1]. В такой ситуации на первый план выходят беспроводные технологии для построения сетей на принципах самоорганизации.

Под самоорганизацией понимают процесс упорядочения элементов одного уровня в системе за счет внутренних факторов, без внешнего специфического воздействия [2]. Следовательно, самоорганизующиеся сети – это такие сети, которым не требуется никакой дополнительной инфраструктуры кроме самих узлов [3]. Такие сети не имеют единого центра управления узлами, после включения узла в сеть происходит его автоматическая настройка. В данном случае все узлы берут на себя функции управления сетью.

Применение самоорганизующихся сетей имеет ряд преимуществ над беспроводными сетями традиционной архитектуры за счет возможности передачи данных на большие расстояния без увеличения мощности передатчика и необходимости в предустановленной инфраструктуре. Кроме этого такая самоорганизующаяся сеть является устойчивой к изменениям в топологии сети и обладает простотой и высокой скоростью развертывания [4, 5].

В настоящее время самоорганизующиеся сети можно разделить на Mesh (ячеистые), ad-hoc сети и беспроводные сенсорные сети (WSN) и др. [6, 7]. Для построения таких сетей могут использоваться уже имеющиеся мобильные устройства, работающие на таких технологиях беспроводного доступа, как Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee и ряда других.

В данной работе проведен обзор и анализ основных особенностей построения самоорганизующихся сетей, выявлены основные проблемы и рассмотрены возможные пути уменьшения их влияния на работу такой сети.

1. Особенности формирования топологии в самоорганизующихся сетях

Самыми распространенными видом самоорганизующихся сетей являются MESH сети. Они зачастую строятся на основе беспроводных технологий доступа Wi-Fi и Bluetooth. Особенностью MESH сетей являются то, что они являются радиосетями ячеистой структуры. При этом такие сети состоят из беспроводных стационарных маршрутизаторов, которые создают беспроводную магистраль и зону обслуживания абонентов и мобильных/стационарных абонентов, имеющих доступ к

одному из маршрутизаторов в пределах зоны видимости. Топология таких MESH сетей - звезда, со случайным соединением опорных узлов [8].

Самоорганизующиеся ad-hoc сети являются радиосетями со случайными включающимися абонентами, в которых реализовано полностью децентрализованное управление при отсутствии базовых станций или опорных узлов. Топология такой сети, фиксированная со случайным соединением узлов. Однако в мобильных ad-hoc сетях (MANET) основные отличительные особенности – использование быстро меняющейся топологии и применение случайного соединения узлов [8].

Беспроводные сенсорные сети в большинстве случаев используются как телеметрические сети. Такие сети состоят из малогабаритных сенсорных узлов, основная функция которых сбор, обработка и передача телеметрических данных, которая происходит посредством радиоканала [8].

Следует отметить, что независимо от вида самоорганизующейся сети и ее назначения, такие сети зачастую характеризуются динамически изменяющейся топологией сети, ограниченными характеристиками узлов, такими как мощность передатчика, заряд батареи и другими параметрами. Также самоорганизующиеся сети обладают различной размерностью, неоднородностью по мощности передачи и мобильности, ограниченной безопасностью и другими факторами [9]. Поэтому при развертывании таких сетей следует учитывать влияние данных особенностей на все этапы ее построения.

Важной частной задачей при построении самоорганизующейся сети является формирование топологии, то есть установление физических связей между узлами, а также задача управления топологией сети и узлом в частности. Следует отметить, что при решении задачи формирования самоорганизующейся сети необходимо учитывать местоположение узлов в пространстве. Так в различных спецификациях стандартов беспроводного доступа к среде реализованы различные механизмы, которые позволяют отслеживать местоположение самого узла так и его соседей.

Для учета местоположения узлов в пространстве в самоорганизующихся сетях наибольшее распространение получили методы, основанные на географическом местоположении узлов в пространстве [10]. Кроме этого, широко распространены методы, основанные на определении виртуальных координат узла и триангуляции. Существуют также методы определения расстояния на основе параметров радиосигнала, таких как уровень мощности принимаемого сигнала (RSSI), времени задержки (ToA) и ряда других [7, 10 - 12].

Под триангуляцией в беспроводных самоорганизующихся сетях, подразумевают процесс разбиения полигональной области со сложной конфигурацией в набор треугольников. Одним из наиболее известных методов триангуляции является (AOA - Angle of Arrival), который основан на измерении угла прихода радиосигнала от источника излучения [7, 12]. В тоже время для повышения точности определения местоположения узла могут использоваться одновременно несколько методов определения местоположения [12]. На основании полученных данных о местоположении узлов формируется топология самоорганизующейся сети. После этого решается задача управления такой сетью в целом и узлами в частности.

Управление в самоорганизующихся сетях имеет ряд особенностей и существенно отличается от управления в инфраструктурных сетях. Во-первых, управление сетью должно распределяться между всеми узлами сети и быть полностью децентрализовано. Во-вторых, выработку решений для управления узлом и сетью в целом необходимо осуществлять оперативно и в жестких временных рамках [9].

К основным принципам управления узлом в самоорганизующейся сети можно отнести: адаптивность, функциональность, распределенность, координацию взаимодействия, иерархичность и автоматизацию в выработке решений. При этом механизм управления сетью должен осуществлять контроль узлов, сбор и хранение информации о состоянии сети и смежных с ней узлов, а также осуществлять выработку решений о состоянии и изменении топологии сети, маршрутизации и т.д. [9].

Важную роль при решении задач управления сетью играют управляемые параметры физического, канального и сетевого уровней, которыми могут быть мощность передатчика, вид модуляции, скорость передачи. Также важно учитывать и ряд неуправляемых параметров: динамику изменения топологии сети и ее размерность.

Для решения задач управления топологией сети существует множество алгоритмов [7, 13 - 14]. При этом существующие методы управления топологией сети могут быть однородными и неоднородными. Под однородным управлением топологией в самоорганизующихся сетях подразумевают управление узлами, имеющих одинаковую мощность передатчиков и фиксированный радиус действия. При использовании неоднородных методов управления топологией подразумевают, что узлы могут управлять различными характеристиками узлов на разных уровнях модели OSI [15].

Выделяют также централизованные и децентрализованные алгоритмы неоднородного управления топологией сети. В свою очередь децентрализованные методы можно разделить на геометрические, полагающиеся на информацию о расположении узлов в пространстве, и графовые, где узлы обладают только информацией о своих соседях [14, 15]. Наиболее распространенные из таких методов управления используют графовые алгоритмы, такие как LMST, DLSS, FLSS [16, 17].

Из-за сложности управления мобильными узлами в самоорганизующейся сети все большее распространение получают методы управления, основанные на теории игр, которые рассмотрены в работах [14, 15] и ряде других.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что подходы к построению самоорганизующихся сетей существенно отличаются от подходов, которые используют в инфраструктурных сетях. В частности, процесс поиска и установление связей с соседними узлами в таких сетях имеет ряд особенностей из-за динамического характера поведения узлов. Кроме этого для управления сформированной топологией существуют множество подходов, которые нашли свое применение при реализации протоколов маршрутизации в самоорганизующихся сетях. При этом выбор алгоритмов будет зависеть от выбранной технологии доступа, которые рассмотрены в разделе 2.

2. Обзор и анализ технологий доступа для организации беспроводных самоорганизующихся сетей

Как было рассмотрено ранее зачастую процесс формирования физической топологии самоорганизующейся сети зависит от технологий доступа к среде лежащий в ее основе. Большинство из современных самоорганизующихся сетей строятся на основе уже существующих технологий беспроводного доступа, таких как IEEE 802.15.1 (Bluetooth), IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15.4 (ZigBee) и др. в зависимости от назначения такой сети [18 - 20].

На рисунке 1 представлено сравнение некоторых технологий доступа по максимально доступной полосе пропускания [19, 21].

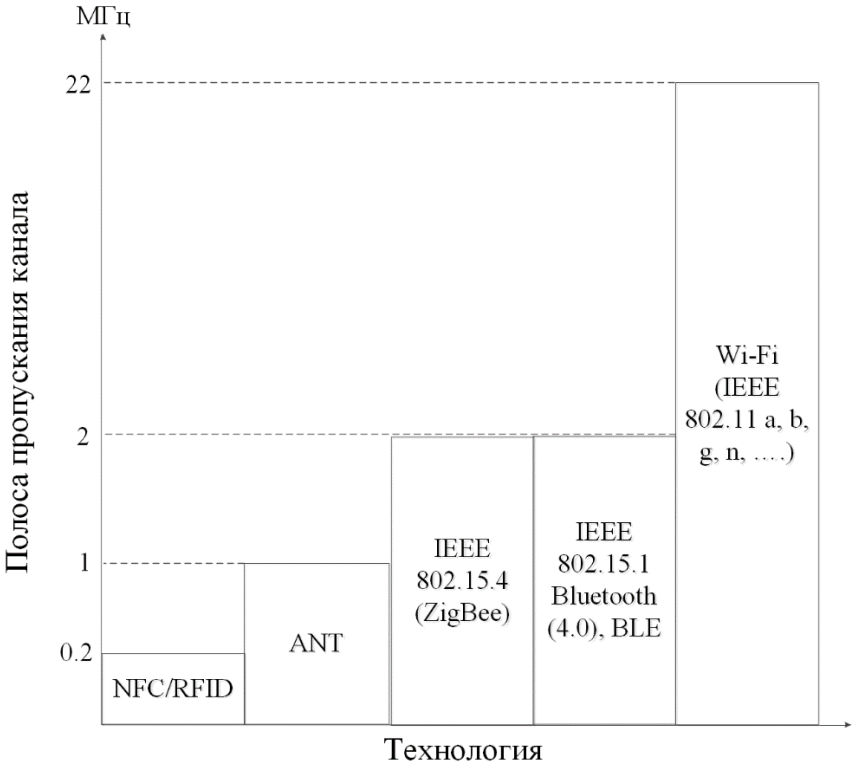


Рис. 1. Максимально доступная полоса пропускания технологий беспроводного доступа
Fig. 1. The maximum available bandwidth of technologies used in self-organizing networks

Из анализа графика на рисунке 1 наибольшей пропускной способностью обладает стандарт Wi-Fi. При этом расширение полосы пропускания приводит к большему энергопотреблению устройств используемых в самоорганизующихся сетях [19].

Кроме этого на рисунке 2 представлено сравнение технологий доступа по требуемым источникам питания для их работы в условиях самоорганизующихся сетей [19, 21].

Наиболее экономичными в плане энергопотребления являются стандарты RFID, IEEE 802.15.4 (ZigBee), что позволяет им использовать одну батарею на протяжении нескольких лет. В тоже время наиболее энергопотребляемым остается стандарт Wi-Fi, но существуют наработки по уменьшению затрат энергии данной технологией [23].

В таблице 1 представлено сравнение самых перспективных технологий доступа к беспроводной среде по некоторым параметрам [18 - 20].

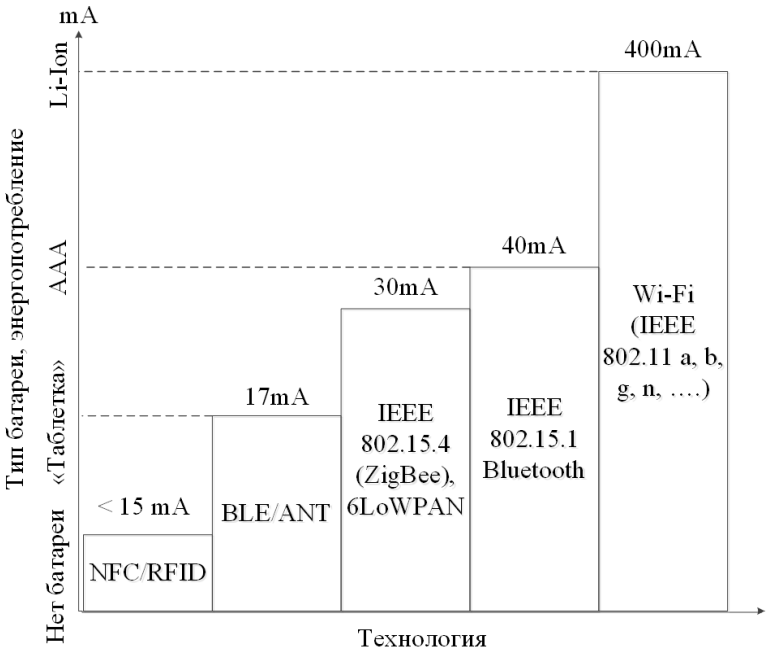


Рис. 2. Типы источников питания требуемых технологиями доступа в самоорганизующихся сетях
Fig. 2. The types of power supplies for using access technologies in self-organizing networks

Таблица 1
Table 1

Сравнение стандартов беспроводного доступа
A comparison of wireless access standards

Характеристики	Стандарты		
	Bluetooth	IEEE 802.15.4 (ZigBee)	Wi-Fi
Частоты	2,4 ГГц	0,868/0,915/2,4 ГГц	2,4, 5 – 6 ГГц
Количество каналов	79	1/10/16	14
Скорость передачи	3 МБ/с	20..250 кБ/с	11 МБ/с – 10 Гб/с
Уровень OSI	Физический, канальный	Физический, канальный, (сетевой - приложений)	Физический, канальный
Доступ к среде	FHSS	DSSS	DSSS, CCK, OFDM
Использование технологии MIMO	Есть	Есть	Есть
Радиус действия устройств	10 м	10-100 м	100 м
Полоса пропускания канала	1 МГц	0.3/0.6 МГц; 2 МГц	22 МГц
Модуляция	GFSK	BPSK, O-QPSK	BPSK, QPSK, COFDM, CCK, MQAM, QAM
Количество устройств в сети	8	65000	2007
Уровень мощности	0 – 30 дБм	От 0 дБм (1 мВт)	20 дБм
Потребляемая мощность	40mA TX, в режиме ожидания 0.2mA	30mA TX, в режиме ожидания 3μA	400mA TX, в режиме ожидания 20mA

Опираясь на информацию, представленную в таблице 1 можно сделать вывод, что рассмотренные технологии доступа имеют существенные различия между собой. При выборе той или иной технологии доступа и ее применения в самоорганизующихся сетях следует учитывать следующие параметры: уровень потребляемой мощности, скорость передачи данных, количество возможных устройств, одновременно работающих в сети и другие. Кроме этого, сети, на основе данных технологий доступа, должны учитывать ряд достоинств и недостатков каждой из технологий.

К основным достоинствам стандарта Bluetooth можно отнести: возможность быстрого развертывания, сравнительно малое энергопотребление абонентских устройств, широкий спектр поддерживающих эту технологию устройств, высокий уровень стандартизации и совместимость между устройствами Bluetooth разных производителей, защиту передаваемых данных, низкую стоимость, универсальность и большое разнообразие модулей под различные задачи. В тоже время данная технология имеет и ряд недостатков, которые ограничивают ее использование в самоорганизующихся сетях. Сре-

ди них стоит отметить относительно невысокую скорость передачи данных (до 3 Мбит/с), небольшой радиус действия и нехватка частотного ресурса [18 - 22]. Поэтому в настоящее время Bluetooth может использоваться при создании некоторых видов самоорганизующихся сетей, где не требуется слишком высокая скорость передачи данных.

В свою очередь особенность стандарта IEEE 802.15.4 в том, что он может быть использован для широкого круга задач, но изначально направлен на создание беспроводных персональных сетей. К достоинствам данного стандарта можно отнести поддержку сложных беспроводных сетей, высокий уровень стандартизации, ультранизкое энергопотребление, низкая стоимость модулей, возможность разработки сложных приложений для решения задач различного характера. Наряду с достоинствами данный стандарт имеет ряд существенных недостатков, среди которых следует отметить невысокую скорость передачи данных. Кроме этого большая часть трафика в БСС сети на основе стандарта IEEE 802.15.4 тратится на передачу пакетов со служебной информацией, объём которой будет увеличиваться с размерами сети [23].

Протокол ZigBee разработанный на основе физического и канального уровня стандарта IEEE 802.15.4 и представляет собой универсальную платформу для реализации беспроводных сенсорных сетей. При этом стандарт получил следующие достоинства: защиту передаваемых данных, поддержка сложных беспроводных сетей, ультранизкое энергопотребление (батарея на 10 лет), скорость передачи данных до 250 кбит/с и ряд других. Ключевым недостатком стандарта ZigBee - закрытость данного протокола, который разрабатывает ZigBee Alliance. В связи с этим возникает отсутствие единой программно-аппаратной платформы для разработки сложных приложений для БСС [23].

Стандарт Wi-Fi (IEEE 802.11) существенно отличается от технологий Bluetooth, IEEE 802.15.4 (ZigBee) и изначально был направлен на его использование в беспроводных локальных сетях. Поэтому данный стандарт нашел свое место в самоорганизующихся сетях, направленных на обмен различной мультимедийной информацией (аудио, видео, данные и др.) между пользователями в такой сети и для связи с сетью Интернет.

Среди достоинств технологии Wi-Fi можно выделить: высокую скорость передачи данных, компактность устройств, большое разнообразие модулей, высокий уровень стандартизации и совместимость между устройствами Wi-Fi разных производителей, а также защищенность передаваемых данных.

Следует отметить также и недостатки данной технологии доступа к беспроводной среде, такие как: большое энергопотребление и невозможность работы в течение длительного периода времени от автономных источников питания, относительно высокую стоимость по сравнению с другими технологиями доступа. Кроме этого существуют проблемы, которые требуют особого внимания при дальнейшем развитии самоорганизующихся сетей на базе данной технологии. К ним можно отнести проблемы пропускной способности и масштабируемости [24]. Технология Wi-Fi нашла свое применение в MESH и ad-hoc (MANET) самоорганизующихся сетях, но ее применение нецелесообразно в WSN из-за большого энергопотребления.

Большинство из рассматриваемых технологий доступа работают в не лицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц (исключением является стандарты Wi-Fi, а также IEEE 802.15.4 (ZigBee)), это приводит к проблемам электромагнитной совместимости, помехоустойчивости, пропускной способности, безопасности и ряду других трудностей, которые возникают в условиях беспроводных самоорганизующихся сетей.

Следует отметить, что независимо от используемой технологии доступа, в процессе формирования и управления топологией сети и узлом в частности, применяются различные подходы, которые были рассмотрены в разделе 1.

При анализе технологий доступа установлено, что технологии беспроводной связи, такие как Wi-Fi, Bluetooth, IEEE 802.15.4 (ZigBee) наиболее часто используются в самоорганизующихся сетях. Также при выборе базовой технологии необходимо учитывать назначение самоорганизующейся сети (Mesh, MANET, WSN), решаемые сетью задачи, достоинства и недостатки той или иной технологии.

В настоящее время для самоорганизующихся сетей на основе рассмотренных технологий доступа важными задачами остаются формирование топологии сети (установление физических связей между узлами), а также задачи межузлового управления и маршрутизации (раздел 3).

3. Обзор и анализ протоколов маршрутизации в самоорганизующихся сетях

Важная роль в работе самоорганизующихся сетей отводится методам управления и в частности задачам маршрутизации. Под маршрутизацией подразумевают процесс определения лучшего пути, по которому пакет может быть доставлен получателю [25]. Весь комплекс мер по решению задач маршрутизации содержится в протоколах маршрутизации, которые затем используются в работе реальных телекоммуникационных систем. Так одно устройство в сети может поддерживать работу нескольких протоколов маршрутизации одновременно. Под протоколом маршрутизации зачастую подразумевают сетевой протокол, используемый маршрутизаторами для определения возможных маршрутов следования данных по сети [26, 27].

Следует отметить, что требования к протоколам маршрутизации в самоорганизующихся сетях существенно отличаются от требований к маршрутизации в инфраструктурных (проводных LAN и WAN) сетях несмотря на то, что зачастую сами алгоритмы поиска маршрутов остаются теми же. Это связано с динамическими изменениями в самоорганизующейся сети, такими как быстрое изменение местоположения узлов и их характеристик. В связи с этим протоколы маршрутизации, которые используют в инфраструктурных сетях, оказываются неэффективными, а порой и неработоспособными в условиях беспроводных самоорганизующихся сетей.

Из этого следует, что решение проблемы маршрутизации в таких сетях является актуальной и важной задачей. Подтверждением этому является ряд работ, например, [28, 29] и др.

Выбор протоколов маршрутизации, которые должны быть использованы в самоорганизующейся сети в большинстве случаев будет зависеть от используемой технологии доступа к беспроводной среде, размеров сети, топологии и других параметров.

Такие протоколы маршрутизации в самоорганизующихся сетях (независимо от алгоритмов маршрутизации, которые лежат в их основе), должны включать в себя механизмы, отвечающие за решение следующих задач:

– обнаружение соседних станций;
– оценку качества канала связи между соседними станциями;
– распространение информации о состоянии сети;
– выбор маршрутов для передачи данных;
– ретрансляцию пакетов по выбранным маршрутам [30].

Кроме этого в работах [28, 31] были выдвинуты ряд требований к решению вышеуказанных задач в самоорганизующихся сетях, таких как: малое время построения маршрута, высокая надежность доставки пакетов, минимальный объем служебной информации, отсутствие петель, механизмы оперативного обнаружения и восстановления разорванных маршрутов, высокая масштабируемость, поддержка требуемого уровня качества обслуживания (QoS). В тоже время следует отметить, что с дальнейшим развитием самоорганизующихся сетей неизбежно возникают и другие требования.

В тоже время уже существует множество протоколов маршрутизации используемых в самоорганизующихся сетях. Один из возможных вариантов классификации протоколов маршрутизации основан на принципах их работы (рисунок 3).

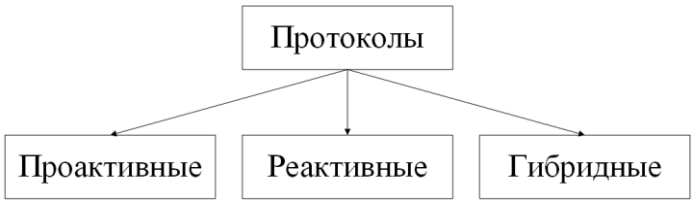


Рис. 3. Протоколы маршрутизации в самоорганизующихся сетях
Fig. 3. The routing protocols in self-organizing networks

Наибольшее распространение в самоорганизующихся сетях получили проактивные (табличные) протоколы маршрутизации. Такие протоколы периодически рассылают по сети служебные сообщения с информацией о всех изменениях в ее топологии. В результате чего каждый узел в сети на основе данной информации строит маршруты ко всем остальным узлам и сохраняет их в таблицу маршрутизации, откуда они считываются при возникновении необходимости в передаче сообщения какому-либо адресату [31].

Основной отличительной особенностью проактивных протоколов маршрутизации между собой является выбор алгоритмов маршрутизации, которые лежат в их основе. Так большинство проактивных протоколов используют алгоритмы Беллмана-Форда с некоторыми улучшениями, а также алгоритм Дейкстры для поиска самого наилучшего (короткого) маршрута. На сегодня наиболее популярными проактивными протоколами в самоорганизующихся сетях являются DSDV, OLSR, FSR, WRP, B.A.T.M.A.N, Babel и др. [6, 7, 31 - 36].

Анализ протоколов показал, что использование проактивной маршрутизации наиболее эффективно в малоподвижных и небольших самоорганизующихся сетях. При увеличении подвижности (динамической топологии) и количества узлов сети использование проактивных протоколов приводит к быстрому росту загрузки сети служебным трафиком и неэффективному использованию энергоресурсов каждого узла, что является существенным недостатком при организации больших, динамичных сетей, таких как мобильные ad-hoc сети (MANET) [30].

Достаточно распространенными являются и реактивные (работающие по запросу) протоколы маршрутизации. Такие протоколы, составляют маршруты к конкретным узлам лишь при возникновении необходимости передачи информации от узла к узлу. В реактивных протоколах передающий узел широковещательно рассылает по сети сообщение-запрос на получение маршрута, которое долж-

но дойти к необходимому узлу. В ответ на такое сообщение узел-получатель посылает сообщение-подтверждение, из которого отправитель узнает необходимый маршрут и записывает его в свою таблицу маршрутизации. При повторной отправке данных к этому получателю маршрут просто считывается из таблицы маршрутизации. В случае, когда обнаруженный маршрут становится недоступным – запускается процедура обнаружения и поддержания маршрута. Наиболее популярными реактивными протоколами являются AODV, DSR, DYMO [7, 29, 32, 33, 36].

В отличие от проактивных, реактивные протоколы более эффективны в условиях динамически изменяющихся сетей, например, в MANET из-за уменьшения количества служебной информации, передаваемой по сети, поскольку поиск маршрута осуществляется только по необходимости. Несмотря на преимущества над проактивными протоколами реактивные протоколы имеют ряд недостатков, среди которых следует отметить увеличение задержки на поиск первичного маршрута, связанную с высокой подвижностью и большим количеством узлов [28], что в некоторых случаях может привести к неработоспособности. Еще одним существенным недостатком является поиск нового пути в реальном масштабе времени, что существенно ограничивает реактивные протоколы при передаче трафика реального времени, такого как видео или речь.

В свою очередь для устранения недостатков проактивной и реактивной маршрутизации в больших, подвижных сетях были предложены гибридные протоколы, которые сочетают в себе механизмы проактивных и реактивных. Такие протоколы, как правило, разбивают сеть на множество подсетей, внутри которых функционирует проактивный протокол, а взаимодействие между такими подсетями осуществляется на основе реактивных протоколов маршрутизации. В крупных масштабируемых сетях это позволяют уменьшить размеры таблиц маршрутизации, которые хранятся на узлах в сети, так как им необходимо знать точные маршруты только ко всем узлам подсети, к которой они принадлежат. Использование в гибридных протоколах такого подхода позволяет сократить объем передаваемой служебной информации по всей сети, так как основная ее часть распространяется лишь в пределах подсети. В настоящее время среди таких протоколов наибольшее распространение получили HWMP, ZHLS, ZRP [7, 29, 32, 33, 35, 36].

Таким образом, сочетание преимуществ проактивных и реактивных протоколов позволяет использовать гибридные технологии маршрутизации в больших и динамичных сетях, таких как ad-hoc сети (MANET). В тоже время недостатком являются их относительная сложность при реализации и увеличение производительности оборудования (узлов), а также снижение эффективности маршрутизации в связи с необходимостью разбиения структуры сети на кластеры [28].

В настоящее время исследованию различных протоколов маршрутизации посвящено множество таких работ как [28, 29, 32] и других. В них предложены рекомендации по усовершенствованию протоколов маршрутизации для повышения эффективности работы в условиях самоорганизующихся сетей независимо от их размерности и других параметров.

Таким образом, можно сделать вывод, что большинство существующих протоколов маршрутизации, используемых в самоорганизующихся сетях, имеют ряд недостатков, которые также требуют своего решения. При этом стоит отметить, что выбор того или иного протокола маршрутизации в большинстве случаев зависит от назначения самоорганизующейся сети и требований, которые предъявляют к ней. Следует отметить, что требования к самоорганизующимся сетевым технологиям могут расширяться. Поэтому в небольших и малоподвижных сетях наиболее целесообразно применять проактивные или реактивные протоколы маршрутизации, а в более крупных эффективными могут быть гибридные.

4. Анализ проблем самоорганизующихся сетей

Поскольку самоорганизующиеся сети беспроводные, то им присущи и проблемы традиционных беспроводных сетей. В частности, это проблемы, связанные с энергоэффективностью, синхронизацией, электромагнитной совместимостью, безопасностью и ряда других. При решении данных проблем в различных технологиях доступа могут применяться помехоустойчивые виды модуляции, аппаратные и программные технологии MIMO [4].

По результатам проведенного в работе анализа следует отметить, что большинство проблем в самоорганизующихся сетях являются взаимосвязанными и должны решаться комплексно. Так в ходе анализа установлено, что в настоящее время одной из важных проблем остается определение местоположения узлов. Без решения этой проблемы практически невозможно решить задачу формирования полной топологии сети. Сейчас для решения данной проблемы существует множество подходов, в частности, методов триангуляции, которые позволяют достаточно точно определить местоположение узлов сети даже в условиях динамически изменяющейся топологии сети.

Существуют также проблемы, связанные с управлением сетью, поскольку методы, применяемые в самоорганизующейся сети должны учитывать ее динамику и своевременно реагировать на все изменения в сети. Кроме этого, как было отмечено выше, в таких сетях часто невозможно применять методы управления, которые применяются в традиционных сетях из-за ориентированности на централизованное управление. Одним из возможных решений данной проблемы является использова-

ние положительных свойств централизованного и децентрализованного подходов управления сетью. Также решению данных проблем посвящено множество работ таких как [9, 14, 15] и ряда других.

Кроме этого, технологии доступа, используемые в самоорганизующихся сетях, также имеют ряд недостатков, которые приводят к ограничению в применении (см. раздел 2).

В настоящее время одной из важных проблем является поиск и создание эффективных протоколов маршрутизации, поскольку большинство существующих протоколов эффективны только в небольших сетях и сталкиваются с проблемой масштабируемости. При этом в зависимости от вида самоорганизующейся сети их использование может привести к неэффективному распределению ресурсов сети, а иногда и к ее неработоспособности. Решению проблем эффективной маршрутизацией посвящены работы [29 - 31], но вопрос остается открытым.

В заключение, отметим важность решения следующих задач и устранение ряда проблем [4]:

1. Проблема пропускной способности каналов от абонента к абоненту («точка»-«точка»), так и пропускной способности сети в целом.

2. Обеспечения помехоустойчивости в условиях плотной застройки, передвижения абонентов и высокого уровня интерференции между устройствами сети.

3. Обеспечения безопасности передаваемого трафика и его защита от перехвата и фальсификации.

4. Проблема эффективной маршрутизации в зависимости от заданных условий окружения и типа передвижения абонентов.

5. Проблема высокой нагрузки на узлы в «центре» сети.

6. Конструктивные проблемы изготовления портативных абонентских устройств с использованием MIMO.

7. Задача взаимодействия с внешними сетями.

Таким образом, в настоящее время существует множество задач без решения, которых эффективность самоорганизующихся сетей будет низкой. При этом попытки решения большинства проблем, связанных с беспроводной средой передачи данных, таких как энергоэффективность, синхронизация, электромагнитная совместимость, безопасность были предприняты в различных стандартах, например, таких как Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee. Поэтому во многом ключевыми проблемами самоорганизующихся сетей в настоящее время остаются проблемы управления в частности задачи маршрутизации.

Заключение

В работе проведен анализ состояния и рассмотрены перспективы развития самоорганизующихся сетей в современных телекоммуникационных системах. Анализ показал, что такие сети являются перспективными при решении множества задач телеметрии, военного и гражданского применения. Но еще не решенными или требующими доработки остаются ряд задач решению которых будут посвящены дальнейшие исследования.

Список литературы
References

1. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2014–2019. Electronic resource. Available at: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_ c11-520862.pdf (15 July 2015)

Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2014–2019. Electronic resource. Available at: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_ c11-520862.pdf (15 July 2015)

2. Евланов М.В., Неумывакина О.Е., Карамышева А.Ю. 2013. Анализ возможностей применения подходов к самоорганизации отдельных сервисов в сервис-ориентированных информационных системах. Вестник Национального технического университета. № 16: 22-26.

Evlanov M.V., Neumyvakina O.E., Karamysheva A.Yu. 2013. Analiz vozmozhnostey primeneniya podkhodov k samoorganizatsii otdel'nykh servisov v servis-orientirovannykh informatsionnykh sistemakh. Vestnik Natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta. № 16: 22-26.

3. Хоров Е.М. Знакомство с современными беспроводными технологиями. Многошаговые беспроводные сети: принципы построения и открытые задачи. Электронный ресурс. Режим доступа: https://mipt.ru/drec/upload/d27/multihop-wireless.pdf (16 июля 2015)

Khorov E.M. Znakomstvo s sovremennymi besprovodnymi tekhnologiyami. Mnogoshagovye besprovodnye seti: printsipy postroeniya i otkrytye zadachi. Electronic resource. Available at: https://mipt.ru/drec/upload/d27/multihop-wireless.pdf (16 July 2015).

4. Евдокимов И. Л. Применение технологии MIMO в самоорганизующихся сетях связи ad hoc. Электронный ресурс. Режим доступа: http://conf.mirea.ru/CD2011/pdf/p3/31.pdf (16 июля 2015)

Evdokimov I. L. Primenenie tekhnologii MIMO v samoorganizuyushchikhsya setyakh svyazi ad hoc. Electronic resource. Available at: http://conf.mirea.ru/CD2011/pdf/p3/31.pdf (16 July 2015).

5. Польщиков К.А. 2015. Оценка вероятностно-временных характеристик доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. –. № 7 (204). Вып. 34(1): 183–187.

Pol'shchikov K.A. 2015. Probability-time characteristics estimates of data delivery in the wireless ad hoc network. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. - № 7 (204). Vyp. 34(1): 183–187.

6. Pathan A. S. K. (ed.). 2010. Security of self-organizing networks: MANET, WSN, WMN, VANET. CRC press, 638.

Pathan A. S. K. (ed.). 2010. Security of self-organizing networks: MANET, WSN, WMN, VANET. CRC press, 638.

7. Boukerche A. (ed.). 2008. Algorithms and protocols for wireless, mobile Ad Hoc networks. John Wiley & Sons, 496.

Boukerche A. (ed.). 2008. Algorithms and protocols for wireless, mobile Ad Hoc networks. John Wiley & Sons, 496.

8. Беспроводные самоорганизующиеся сети. Электронный ресурс. Режим доступа: http://crossgroup.su/solutions/adhoc.html (16 июля 2015)

Besprovodnye samoorganizuyushchiesya seti. Electronic resource. Available at: http://crossgroup.su/solutions/adhoc.html (16 July 2015).

9. Миночкин А.И., Романюк В.А. 2005. Методология оперативного управления мобильными радиосетями. Зв'язок. № 2: 53-58.

Minochkin A.I., Romanyuk V.A. 2005. Metodologiya operativnogo upravleniya mobil'nymi radiosetyami. Zv'yazok. № 2: 53-58.

10. Файзулхаков Я.Р., Пыптев С.А. Анализ методов позиционирования узлов беспроводной сенсорной сети. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.ipmce.ru/ about/press/articles/ampubss/ (16 июля 2015)

Fayzulkhakov Ya.R., Pyptev S.A. Analiz metodov pozitsionirovaniya uzlov besprovodnoy sensornoy seti. Electronic resource. Available at: http://www.ipmce.ru/ about/press/articles/ampubss/ (16 July 2015).

11. Иванов Е.В. 2008. Определение координат в беспроводных сенсорных сетях. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 26 с.

Ivanov E.V. 2008. Opredelenie koordinat v besprovodnykh sensornykh setyakh. Abstract. dis. ... cand. tech. sciences. Moskva, 26.

12. Подшивалов. В.В., Баскаков С.С. Локализация объектов в беспроводных сенсорных сетях. Электронный ресурс. Режим доступа: sntbul.bmstu.ru/file/out/505560 (16 июля 2015)

Podshivalov. V.V., Baskakov S.S. Lokalizatsiya ob"ektov v besprovodnykh sensornykh setyakh. Electronic resource. Available at: sntbul.bmstu.ru/file/out/505560 (16 July 2015).

13. Santi P. 2005. Topology control in wireless ad hoc and sensor networks. ACM computing surveys (CSUR). T. 37. № 2: 164-194.

Santi P. 2005. Topology control in wireless ad hoc and sensor networks. ACM computing surveys (CSUR). T. 37. № 2: 164-194.

14. Базенков Н.И. 2013. Динамика двойных наилучших ответов в игре формирования топологии беспроводной ad hoc сети. Управление большими системами. № 43: 217-239.

Bazenkov N.I. 2013. Dinamika dvoynykh nailuchshikh otvetov v igre formirovaniya topologii besprovodnoy ad hoc seti. Upravlenie bol'shimi sistemami. № 43: 217-239.

15. Базенков Н.И. 2014. Теоретико-игровые алгоритмы формирования децентрализованных беспроводных сетей. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 125 с.

Bazenkov N.I. 2014. Teoretiko-igrovye algoritmy formirovaniya detsentralizovannykh besprovodnykh setey. Dis. ... cand. tech. sciences. Moskva, 125.

16. Li N., Hou J. C., Sha L. 2005. Design and analysis of an MST-based topology control algorithm. Wireless Communications, IEEE Transactions on. T. 4. № 3: 1195-1206.

Li N., Hou J. C., Sha L. 2005. Design and analysis of an MST-based topology control algorithm. Wireless Communications, IEEE Transactions on. T. 4. № 3: 1195-1206.

17. Cartigny, J. 2005. Localized LMST and RNG based minimum-energy broadcast protocols in ad hoc networks. Ad Hoc Networks. T. 3. № 1: 1-16.

18. Петров Д. 2010. Стандарты беспроводной связи диапазона ISM. Электронные компоненты. № 10: 28-32.

Petrov, D. 2010. Standarty besprovodnoy svyazi diapazona ISM. Elektronnye komponenty. № 10: 28-32.

19. Proskochylo A., Vorobyov A., Zriakhov M., Kravchuk A., Akulynichev A., Lukin V. 2015. Overview of wireless technologies for organizing the sensor networks. Second International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology». 39-41.

Proskochylo A., Vorobyov A., Zriakhov M., Kravchuk A., Akulynichev A., Lukin V. 2015. Overview of wireless technologies for organizing the sensor networks. Second International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology». 39-41.

20. Pothuganti, K., Chitneni A. 2014. A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi. Advance in Electronic and Electric Engineering. 4(6): 655–662.

Pothuganti, K., Chitneni A. 2014. A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi. Advance in Electronic and Electric Engineering. 4(6): 655–662.

21. Texas Instruments. Electronic resource. Available at: http://www.ti.com/lit/sg/slab056d/ slab056d.pdf (16 July 2015).

Texas Instruments. Electronic resource. Available at: http://www.ti.com/lit/sg/slab056d/ slab056d.pdf (16 July 2015).

22. Романов С. 2012. Беспроводные технологии с низким энергопотреблением. Электронные компоненты. № 2: 33-41.

Romanov S. 2012. Besprovodnye tekhnologii s nizkim energopotrebleniem. Elektronnye komponenty. № 2: 33-41.

23. Аникин А. 2011. Обзор современных технологий беспроводной передачи данных. Беспроводные технологии. №4: 6-12.

Anikin A. 2011. Obzor sovremennykh tekhnologiy besprovodnoy peredachi dannykh. Besprovodnye tekhnologii. №4: 6-12.

24. Самоорганизующиеся (ad hoc) сети. Что это и зачем это нужно? Электронный ресурс. Режим доступа: http://wireless09.livejournal.com/ 334.html (16 июля 2015)

Samoorganizuyushchiesya (ad hoc) seti. Chto eto i zachem eto nuzhno? Electronic resource. Available at: http://wireless09.livejournal.com/ 334.html (16 July 2015).

25. Брокмайер Д., Лебланк Д.Э., Маккарти. Р. 2002. Маршрутизация в Linux. М., Вильямс, 240.

Brokmayer D., Leblank D.E., Makkarti. R. 2002. Marshrutizatsiya v Linux. M., Vil'yams, 240.

26. Протокол маршрутизации. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.ammanu.edu.jo/wiki1/ru/articles/п/р/о/Протокол_маршрутизации.html (16 июля 2015)

Protokol marshrutizatsii. Electronic resource. Available at: http://www.ammanu.edu.jo/wiki1/ru/articles/п/р/о/Протокол_маршрутизации.html (16 July 2015).

27. Адамс Б., Ченг Э., Фокс Т. и др. 2004. Руководство Cisco по междоменной многоадресатной маршрутизации [Interdomain Multicast Solutions Guide]. М., Вильямс, 320.

Adams B., Cheng E., Foks T. i dr. 2004. Rukovodstvo Cisco po mezhdomennoy mnogoadresatnoy marshrutizatsii [Interdomain Multicast Solutions Guide]. M., Vil'yams, 320.

28. Метелёв А.П., Чистяков А.В., Жолобов А.Н. 2013. Протоколы маршрутизации в беспроводных самоорганизующихся сетях. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 3(1): 75-78.

Metelev A.P., Chistyakov A.V., Zholobov A.N. 2013. Protokoly marshrutizatsii v besprovodnykh samoorganizuyushchikhsya setyakh. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. 3(1): 75-78.

29. Орлов В.Г., Фадеев А.Н. 2012. Протоколы маршрутизации в мобильных ad-hoc-сетях. Материалы Международной научно-технической конференции (INTERMATIC - 2012). Часть 6: 208-212.

Orlov V.G., Fadeev A.N. 2012. Protokoly marshrutizatsii v mobil'nykh ad-hoc-setyakh. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (INTERMATIC - 2012). Chast' 6: 208-212.

30. Ляхов А.И., Некрасов П.О., Островский Д.М., Сафонов А.А., Хоров Е.М. 2012. Анализ совместного использования проактивного и реактивного методов распространения сетевой информации в многошаговых беспроводных сетях. Информационные процессы. Т 12. № 3: 198-212.

Lyakhov A.I., Nekrasov P.O., Ostrovskiy D.M., Safonov A.A., Khorov E.M. 2012. Analiz sovmestnogo ispol'zovaniya proaktivnogo i reaktivnogo metodov rasprostraneniya setevoy informatsii v mnogoshagovykh besprovodnykh setyakh. Informatsionnye protsessy. T 12. № 3: 198-212.

31. Винокуров В.М., Пуговкин А.В., Пшенников А.А., Ушарова Д.Н., Филатов А.С. 2010. Маршрутизация в беспроводных мобильных Ad hoc-сетях. Доклады ТУСУРа. – 2010. № 2(22): 288-292.

Vinokurov V.M., Pugovkin A.V., Pshennikov A.A., Usharova D.H., Filatov A.S. 2010. Marshrutizatsiya v besprovodnykh mobil'nykh Ad hoc-setyakh. Doklady TUSURa. – 2010. № 2(22): 288-292.

32. Астраханцев А.А., Горбань С.М. 2014. Сравнительный анализ эффективности протоколов маршрутизации в AD-HOC сетях. Системи обробки інформації. № 1: 156-159.

Astrakhantsev A.A., Gorban' S.M. 2014. Sravnitel'nyy analiz effektivnosti protokolov marshrutizatsii v AD-HOC setyakh. Sistemi obrobki informatsiї. № 1: 156-159.

33. Seguí C. et al. 2006. Evolution of unicast routing protocols in data networks. IEEE The 25 th Conference on Computer Communications.

Seguí C. et al. 2006. Evolution of unicast routing protocols in data networks. IEEE The 25 th Conference on Computer Communications.

34. Что такое MANET или почему WiFi не решение всех телекоммуникационных проблем. Электронный ресурс. Режим доступа: http://habrahabr.ru/post/197860/ (16 июля 2015)

Chto takoe MANET ili pochemu WiFi ne reshenie vsekh telekommunikatsionnykh problem. Electronic resource. Available at: http://habrahabr.ru/post/197860/ (16 July 2015).

35. Proskochylo A., Vorobyov A., Zriakhov M. Overview of possibilities to improve efficiency of self-organizing networks // 2014, First International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology». – IEEE, 2014. – P. 118-119.

Proskochylo A., Vorobyov A., Zriakhov M. Overview of possibilities to improve efficiency of self-organizing networks // 2014, First International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology». – IEEE, 2014. – P. 118-119.

36. Sarkar S. K., Basavaraju T. G., Puttamadappa C. 2007. Ad hoc mobile wireless networks: principles, protocols and applications. CRC Press, 349.

Sarkar S. K., Basavaraju T. G., Puttamadappa C. 2007. Ad hoc mobile wireless networks: principles, protocols and applications. CRC Press, 349.

УДК 621.391.15

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ЦИКЛОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

ABOUT ONE WAY SYNCHRONIZATION CYCLE BROADBAND SIGNALS

С.П.Белов, Е.Г. Жиляков, А.С. Белов, С.А. Рачинский
S.P. Belov, E.G. Zhilyakov, A. S. Belov, S.A. Rachinskii

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: belov@bsu.edu.ru, zhilyakov@bsu.edu.ru, belov_as@bsu.edu.ru, 677110@bsu.edu.ru

Аннотация. В настоящее время в области разработки методов формирования широкополосных сигналов для современных систем спутниковой связи одним из перспективных направлений является использование специальных кодов и новых методов расширения спектра. Однако, целесообразность применения того или иного класса сигналов в любой информационно-телекоммуникационной системе (ИТС) во многом определяется возможностями создания эффективных устройств их синхронизации. В связи с этим в работе предлагается способ цикловой синхронизации сложных сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), в основе которого лежит учет особенности их формирования.

Annotation. Currently, the development of methods of generating wideband signals for modern satellite communications systems, one of the promising areas is the use of special codes and new methods of spreading. However, the usefulness of a particular class of signals in any system of information transmission is largely determined by the possibilities of creating effective devices to synchronize them. In this regard, we propose a way to frame synchronization of complex signals with linear frequency modulation (LFM), which is based on taking into account peculiarities of their formation.

Ключевые слова: псевдослучайные последовательности, линейно-частотно модулированный сигнал, цикловая синхронизация
Keywords: pseudo-random sequence, linear-frequency modulated signal, frame synchronization

Введение

Интенсивный рост объемов информационного обмена порождает проблему повышения эффективности использования ИТС. Одним из направлений решения которой является минимизация затрат частотно-временных ресурсов ИТС на основе совершенствования методов формирования и обработки канальных сигналов.

В настоящее время усилия специалистов в области телекоммуникаций направлены на исследование эффективности канальных сигналов, созданных на основе специальных кодов и новых методов расширения спектра [1-2]. В, частности, в работе [3] был предложен один из таких классов сигналов (ПС ЛЧМ), в котором объединены положительные свойства как ЛЧМ сигналов, так и псевдослучайных последовательностей (ПСП).

Указанный класс сигналов имеет большой объем слабокоррелированных форм при сохранении свойства инвариантности к допплеровскому рассогласованию по частоте, а, следовательно, позволяет минимизировать затраты частотно-временных ресурсов спутниковых ИТС при связи между подвижными объектами за счет рационального использования выделенной частотной полосы с обеспечением одновременного информационного обмена для большего количества абонентов.

Однако, целесообразность применения того или иного класса сигналов в любой ИТС во многом определяется возможностями создания эффективных устройств их цикловой синхронизации [4], которые в [3] не рассматривались.

Целью данной работы является разработка способа цикловой синхронизации ПС ЛЧМ сигналов, основанного на учете особенностей формирования указанных сигналов.

Описание свойств ПС ЛЧМ сигналов

В математическом виде ПС ЛЧМ сигнал, как известно [3], можно представить в виде следующего выражения:

$$S(t)=\begin{cases} S_0\cdot\sum\limits_{l=0}^{N-1}\nu_{l+1}\cdot rect\left\{\dfrac{t-l\frac{T}{N}}{T_0}\right\}\cdot\exp\left(j\cdot\left(\omega_0\cdot\left(t-l\frac{T}{N}\right)+\dfrac{\mu\left(t-l\frac{T}{N}\right)^2}{2}\right)\right)+ \\ +S_0\cdot\sum\limits_{l=0}^{N-1}\left(1-\nu_{l+1}\right)rect\left\{\dfrac{t-l\frac{T}{N}-\tau_0}{T_0}\right\}\cdot\exp\left(j\cdot\left(\omega_0\left(t-l\frac{T}{N}-\tau_0\right)+\dfrac{\mu\left(t-l\frac{T}{N}-\tau_0\right)^2}{2}\right)\right); \\ 0,\ \text{при}\ \left[\dfrac{N-1}{N}\cdot T+T_0+\left(1-\nu_N\right)\tau_0\right]<t<0 \end{cases} \quad (1)$$

где: S_0 – амплитуда огибающей сигнала, в дальнейшем постоянная величина, равная 1; ν_{l+1}- коэффициент, характеризующий состояние кодируемой последовательности и принимающий значения +1 или 0; rect (x) – прямоугольная «срезающая» функция, определяемая выражением:

$$rect(x)=\begin{cases}1, & при\ 0\le x\le 1;\\ 0, & при\ других\ x.\end{cases}$$

ω_0-средняя частота ЛЧМ радиоимпульса;
T-длительность информационной посылки;
T_0-длительность ЛЧМ радиоимпульса;
τ_0-величина задержки между началом ЛЧМ радиоимпульса и началом элемента псевдослучайной последовательности, соответствующего нулевым значениям коэффициентов ν_{l+1};
μ - крутизна модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульса (скорость изменения частоты), связанная с его девиацией частоты ΔF и длительностью T_0 соотношением:

$$\mu=\frac{2\cdot\pi\cdot\Delta F}{T_0}.$$

Анализ особенности формы огибающих функции взаимной неопределенности ПС ЛЧМ сигналов:

$$\dot{\chi}_{ij}(\tau,F_\partial)=\frac{1}{2E}\int_{-\infty}^{\infty}\dot{S}_i(t)\cdot\dot{S}_j^{\ *}(t-\tau)\cdot\exp(j2\pi F_\partial t)\,dt \quad (2)$$

где: τ - временной сдвиг между сигналами,
F_∂ - допплеровский сдвиг частоты,
E – энергия сигнала,
$\dot{S}_i(t)$ - огибающая принимаемого i – ого сигнала,
$\dot{S}_j^{\ *}(t-\tau)$ - комплексно-сопряженная огибающая j – ого сигнала комплексно описывающих все основные свойства сигналов на частотно – временной плоскости, один из характерных примеров которой, представлен на рис.1, позволил установить, что при модуляции ЛЧМ радиоимпульсов по задержке с помощью псевдослучайных последовательностей с различным числом элементов (Ni ≠ Nj) максимальный уровень бокового выброса огибающей ФВН не превышает величины

$$\frac{k}{\sqrt{N_iN_j}}, \quad (3)$$

где k – коэффициент, характеризующий число совпадений моментов возникновения одинаковых по значению элементов псевдослучайных последовательностей у различных ПС ЛЧМ сигналов (число совпадений моментов возникновения ЛЧМ радиоимпульсов).

Минимальный уровень бокового выброса огибающих ФВН можно получить при k=1, т.е. только в том случае, если Ni и N_j будут взаимно простыми числами. Типичные примеры огибающих ФВН ПС ЛЧМ сигналов, число элементов в КП которых являются взаимно простыми числами, представлены на рисунках 1 и 2.

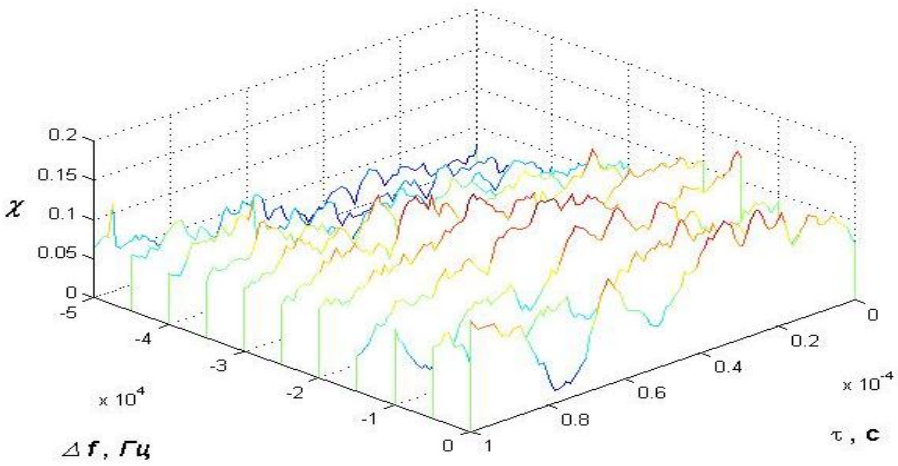


Рис.1. Функция взаимной неопределенности ПС ЛЧМ сигнала при значении базы ЛЧМ радиоимпульса $\Delta F^* T_o$=20, N_i=17, N_j=13

Fig.1. Function mutual uncertainty PS LFM signal when the value of the base radio pulse $\Delta F^* T_o$ =20, N_i=17, N_j=13

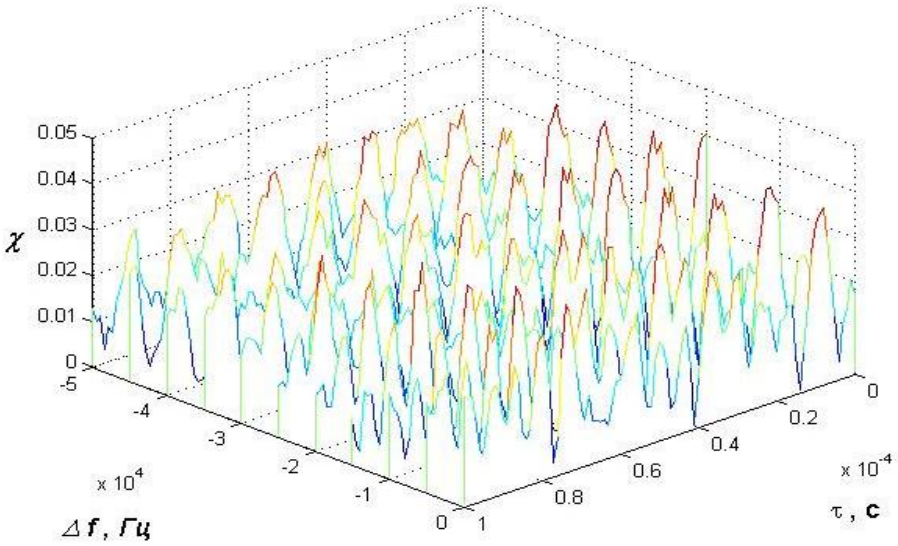


Рис.2. Функция взаимной неопределенности ПС ЛЧМ сигнала при значении базы ЛЧМ радиоимпульса ΔF^*T_o=100, N_i=67, N_j=61

Fig.2. Function mutual uncertainty PS LFM signal when the value of the base radio pulse ΔF^*T_o =100, N_i=67, N_j=61

На основании проведенных исследований было установлено, что единственное совпадения моментов возникновения ЛЧМ радиоимпульсов на длине существования одного ПС ЛЧМ сигнала произойдет только в том случае, если Ni и Nj являются взаимно простыми числами, т.е. согласно алгоритму Евклида, их наибольший из общих делителей будет равен 1.

Описание способа цикловой синхронизации

Используя указанное свойство ПС ЛЧМ сигналов, был разработан способ цикловой синхронизации, суть которого состоит в следующем:

- формируют, как показано на рисунке 3, при «1» информационной посылке, с помощью первого линейного сдвигающего регистра кодовую бинарную последовательность из N_1 (простое число) элементов, длительностью T=N_1*τ_{01}, где τ_{01} – длительность одного элемента (бита), принимающих значение 1 и записывают в регистр памяти №1;
- формируют, как показано на рисунке 3, при «0» информационной посылке, с помощью второго линейного сдвигающего регистра кодовую бинарную последовательность из N_2 (простое число) элементов, длительностью T=N_2* τ_{00}, где τ_{00} – длительность одного элемента (бита), принимающих значение 0 и записывают в регистр памяти №2;

- с выхода регистра памяти №1 кодовая бинарная последовательность, соответствующая «1» информационным посылкам, поступает на вход генератора линейно изменяющегося напряжения №1, параллельно с этим, с выхода регистра памяти №2 кодовая бинарная последовательность, соответствующая «0» информационным посылкам на вход генератора линейно изменяющегося напряжения №2, на выходах которых формируются импульсы различной длительности, число которых, как видно из рисунка 2, равно N_1 и N_2 соответственно;
- импульсы с выхода генератора линейно изменяющегося напряжения №1 поступают на вход генератора ЛЧМ сигнала №1, параллельно с этим, импульсы с выхода генератора линейно изменяющегося напряжения №2 поступают на вход генератора ЛЧМ сигнала №2;
- сигналы с выходов генераторов ЛЧМ сигналов №1 и №2 через высокочастотные каскады поступают в канал связи;
- на приемной стороне ЛЧМ сигналы поступают на объединенный вход двух параллельно подключенных каналов, предназначенных соответственно для обработки «1» или «0» информационной посылки, в состав каждого из которых входят последовательно соединенные согласованный фильтр для обработки ЛЧМ сигнала и рециркулятор, в цепи обратной связи которого включен элемент задержки, равной τ_{01} (в канале для обработки «1» информационной посылки) и равной τ_{00} (в канале для обработки «0» информационной посылки), выходы обоих каналов через сумматор подключены к входу компаратора, на выходе которого появится сигнал только в том случае, если одновременно на выходах обеих рециркуляторов будет сигнал, т.е. в момент цикловой синхронизации. Время вхождения в режим цикловой синхронизации будет равно длительности одной информационной посылке.

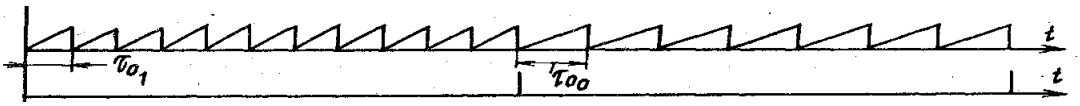


Рис.3. Временная форма ПС ЛЧМ сигнала
Fig.3. Temporal form PS LFM signal

Заключение

Предложенный способ цикловой синхронизации сложных сигналов с ЛЧМ, основанный на учете особенностей формирования указанного класса сигналов, позволяет значительно сократить время вхождения в синхронизм по сравнению с существующими подхода.

Список литературы
References

1. Анжина В. А., Кузовников А.В., Кухтин В.К., Пашков А.Е., Сомов В.Г., Шайдуров Г.Я., Демаков Н.В. Способ формирования помехоустойчивых сигналов // Патент России № 2412551. Дата публикации 20.02.2011г.

Anzhina V. A., Kuzovnikov A.V., Kuhtin V.K., Pashkov A.E., Somov V.G., Shaydurov G.Ya., Demakov N.V. Sposob formirovaniya pomehoustoychivyih signalov // Patent Rossii № 2412551. Data publikatsii 20.02.2011g.

2. Борисов, В.И. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью / Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е. М.: Радио и связь, 2003. - 640 с.

Borisov, V.I. Pomehozaschischennost sistem radiosvyazi s rasshireniem spektra signalov modulyatsiey nesuschey psevdosluchaynoy posledovatelnostyu / Borisov V.I., Zinchuk V.M., Limarev A.E. M.: Radio i svyaz, 2003. - 640 s

3. Белов, С.П. Исследование функции неопределенности псевдослучайных сигналов с линейной частотной модуляцией / С.П. Белов, Е.Г. Жиляков, И.А. Сидоренко // Вопросы радиоэлектроники. Серия «РЛТ». – М., 2008. – Вып. 4. – С.100-109.

Belov, S.P. Issledovanie funktsii neopredelennosti psevdosluchaynyih signalov s lineynoy chastotnoy modulyatsiey / S.P. Belov, E.G. Zhilyakov, I.A. Sidorenko // Voprosyi radioelektroniki. Seriya «RLT». – M., 2008. – Vyip. 4. – S.100-109.

4. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов . М.: Сов. радио, 1970. – 375 с.

Varakin L.E. Teoriya slozhnyih signalov [Tekst]. M.: Sov. radio, 1970. – 375 s.

УДК 004.942

МОДЕЛЬ ПРИЦЕЛЬНОЙ УЗКОПОЛОСНОЙ ПОМЕХИ

MODEL SIGHTING NARROW-BAND INTERFERENCE

П.Г. Лихолоб, А.Д. Буханцов, С.Н. Девицына, А.В. Курлов
P.G. Likholob, A.D. Bukhantsov, S.N. Devitsyna, A.V. Kurlov

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: likholob@bsu.edu.ru, bukhantsov@bsu.edu.ru, devitsyna@bsu.edu.ru, kurlov@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье приведены модели узкополосных помех и механизм задания их параметров. Предложен алгоритм генерации субполосной помехи, позволяющий на основе известных моделей сформировать узкополосную помеху, структура которой ближе к шуму как случайному процессу по сравнению с рассмотренными моделями помех.

Resume. This article presents the model of narrow-band interferences and the mechanism for specifying their parameters. The proposed algorithm for generating subband interference, allowing on the basis of known patterns to form a narrow-band interference whose structure is closer to the noise as a random process in comparison with the considered noise models.

Ключевые слова: узкополосная помеха, заградительная помеха, генератор прицельной помехи, доля энергии, частотный интервал, модель субполосной помехи, субполосная матрица

Keywords: narrow-band interference, obstruction hindrance, generator of sighting interference, the share of energy, frequency interval, the model subband interference, subband matrix

В настоящее время генераторы пространственного зашумления используются, как правило, для маскировки информативных побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) персональных компьютеров, рабочих станций компьютерных сетей и комплексов на объектах вычислительной техники. Для подавления средств сотовой связи, несанкционированно используемых в режиме радиомикрофона или в учебных аудиториях при проведении экзамена, могут использоваться различного рода блокираторы. Такие устройства являются фактически генераторами заградительной помехи, блокирующими частотный диапазон того или иного стандарта сотовой связи в небольшом радиусе. Как генераторы шума, так и блокираторы сигналов «подавляют» относительно широкий диапазон частот и могут привести к невозможности использования легальных средств радиосвязи, радиодоступа и беспроводных сетей.

Генераторы прицельной узкополосной помехи меньше влияют на работу санкционированных беспроводных технологий в пределах контролируемой территории или помещения, так как имеют относительно узкий спектр частот, соизмеримый с полосой пропускания подавляемого устройства. Кроме того, непрерывное совершенствование технических средств разведки (ТСР), в том числе в направлении уменьшения ширины полосы используемых частот с целью снижения вероятности их обнаружения, по-прежнему оставляет актуальными вопросы модернизации и разработки новых схем генераторов узкополосной помехи.

В данной работе представлен алгоритм генерации узкополосной помехи, позволяющий реализовать генератор узкополосного шума на основе собственных векторов субполосной матрицы.

Математические основы

В качестве первой узкополосной помехи предлагается рассматривать Гауссов радиоимпульс [1]:

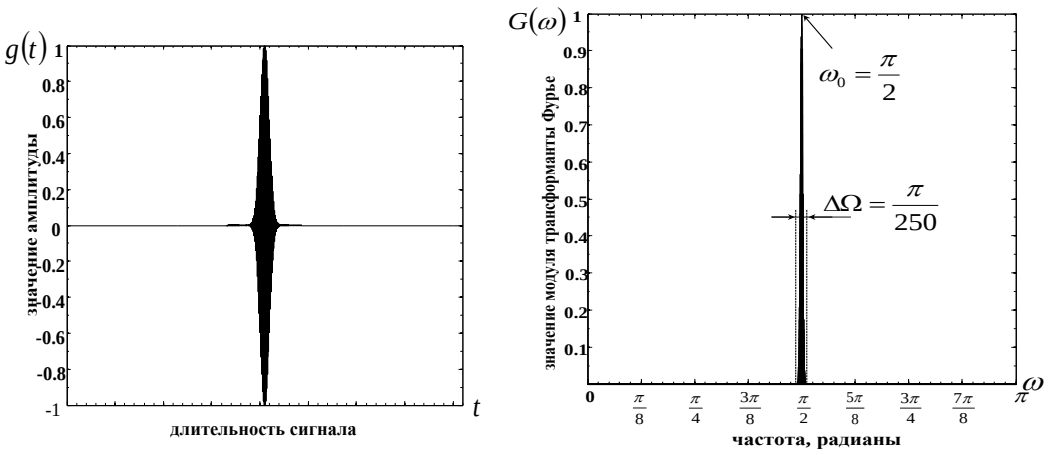
$$g(t)=U_m\cdot e^{(-\beta\cdot t^2)}\cdot\sin(\omega_0\cdot t)=U_m\cdot e^{-\left(\frac{\Delta\Omega}{2}t\right)^2}\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot f_0\cdot t) \quad (1)$$

где t - дискретное время; U_m - амплитуда Гауссова импульса; f_0 - центральная частота; $\sqrt{\beta}$ - ширина видеоимпульса по уровню 0.5:

$$\beta=\left(\frac{\Delta\Omega}{2}\right)^2=\left(\frac{2\pi\cdot\Delta f}{2\cdot f_д}\right)^2,\ \tau_{ги}=\frac{1}{\sqrt{\beta}} \quad (2)$$

где $\tau_{ги}$ - длительность гауссова радиоимпульса; $\Delta\Omega$ - ширина частотной полосы занимаемого радиоимпульсом, рад; Δf ширина частотного интервала занимаемого радиоимпульсом, Гц; $f_д$ - частота дискретизации, Гц.

На рисунке 1 представлены графики такого радиоимпульса как узкополосной помехи во временной (а) и частотной (б) областях соответственно.



а) график функции $g(t)$ б) Нормированный амплитудный спектр $G(\omega)$

a) The graph of the function $g(t)$ b) Normalized amplitude range $G(\omega)$

Рис. 1. Гауссов радиоимпульс $g(t)$

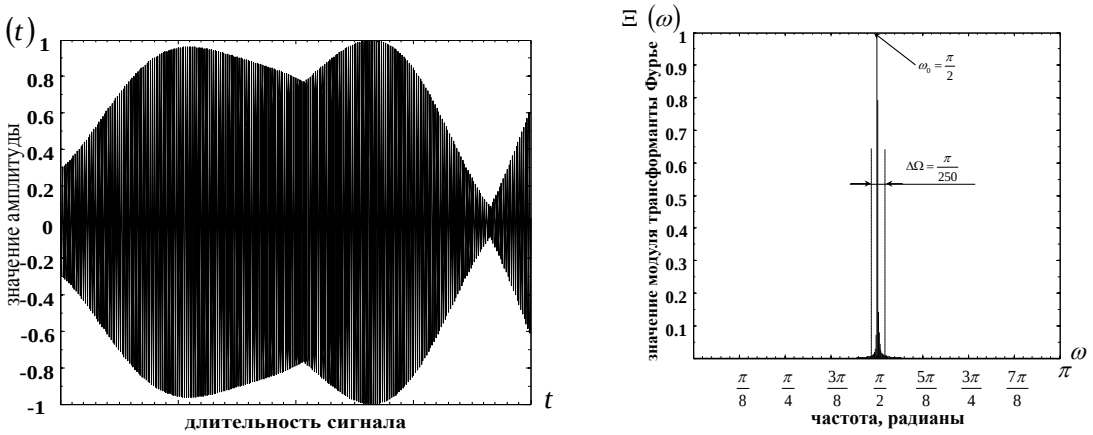
Fig. 1. The Gaussian pulse $g(t)$

Одной из наиболее простых моделей узкополосных помех являются также квазигармонические (многотональные) помехи, представляющие собой сумму синусоид равной мощности со случайными фазами [1], рассматриваемой в качестве второй узкополосной помехи:

$$\xi(t) = \sum_{k=1}^{n} \sqrt{\frac{2U_j^2}{n}} \sin(2\pi f_k + \theta_k), \tag{3}$$

где U_j^2 – мощность j-й помехи, θ_k – независимые и равномерно распределенные на интервале $[0,2\pi]$ случайные фазы; f_k – центральная частота гармоники, $f_k \in [(f_0 - \Delta\Omega),(f_0 + \Delta\Omega)]$.

На рисунке 2 также как и в первом случае представлены графики такого процесса во временной (а) и частотной (б) областях.



а) график функции $\xi(t)$ б) нормированный амплитудный спектр $\Xi(\omega)$

a) The graph of the function $\xi(t)$ b) Normalized amplitude range $\Xi(\omega)$

Рис. 2. Узкополосная квазигармоническая помеха $\xi(t)$

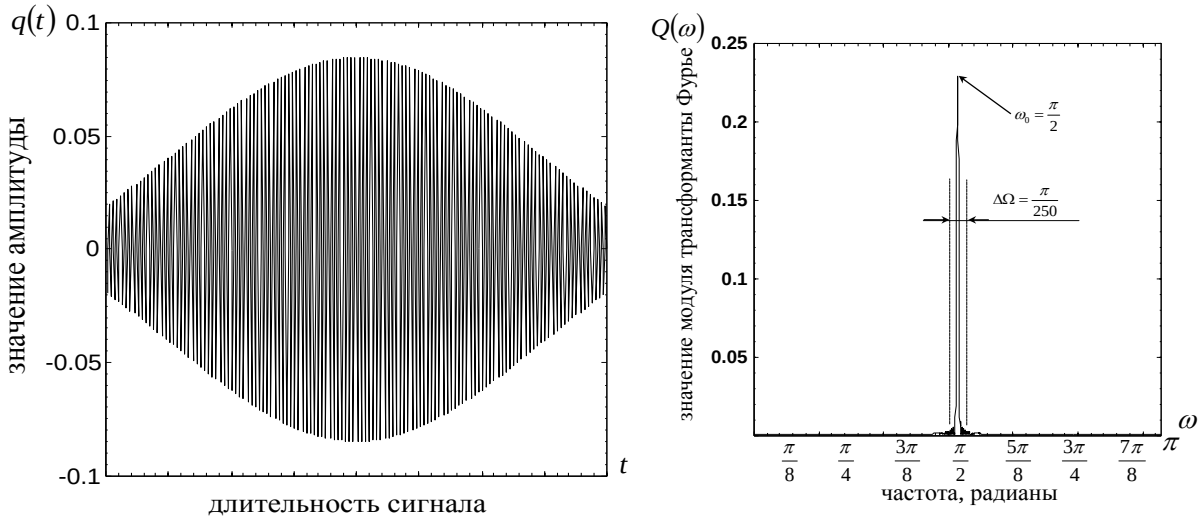
Fig. 2. Narrow-band quasi-harmonic interference $\xi(t)$

Известен математический аппарат [2, 3], позволяющий синтезировать сигнал локализованный как во временной так и в частотной областях (рис. 3.). К такому сигналу относят собственный вектор субполосной матрицы, который можно найти из соотношения:

$$\lambda_k \vec{q}_k = A\,\vec{q}_k\,. \tag{4}$$

где λ_{kr} – собственные числа субполосной матрицы A; $\vec{q}_{kr}$ – собственные вектора субполосной матрицы A; k – порядковый номер собственного числа и соответствующего ему собственного вектора; $A_r = \{a_{ik}^r\}$ – субполосная матрица, определяемая для частотной полосы Δf с центром на частоте f_0:

$$a_{ik} = \begin{cases} 4\pi\Delta f / f_\partial & , i = k \\ \sin\left(4\pi\Delta f / f_\partial \left(i-k\right)\right) \cdot \cos\left(4\pi f_0 / f_\partial \left(i-k\right)\right) & i \neq k \end{cases}, \quad i,k = 1,\ldots,N \tag{5}$$



а) график функции $q(t)$ (а) б) нормированный амплитудный спектр $Q(\omega)$

a) The graph of the function $q(t)$ (a) b) Normalized amplitude range $Q(\omega)$

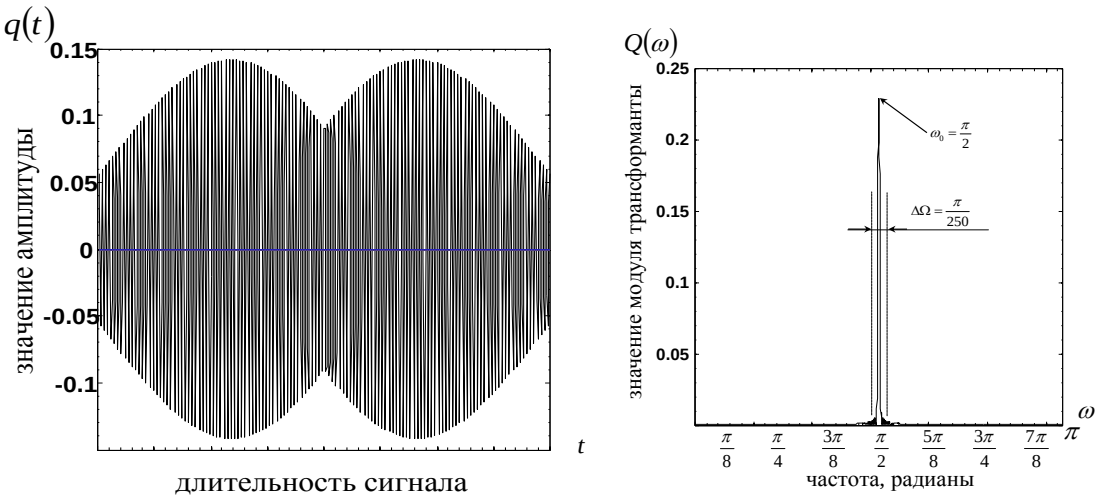
Рис. 3. Собственный вектор субполосной матрицы $q(t)$

Fig. 3. The Eigen vector of the subband matrix $q(t)$

Одним из свойств собственных векторов субполосной матрицы является сосредоточенность энергии в частотной полосе $f_k \in \overline{\left(f_k - \Delta f, f_k + \Delta f\right)}$ (рис. 3, б), при этом энергия в этом частотном интервале пропорциональна собственному числу λ_k, [3]. На рис. 4 приведен сигнал, соответствующий сумме собственных векторов $\vec{q}_k$ субполосной матрицы A, с собственными числами близкими к единице $\lambda_k \approx 1$:

$$\vec{\mathrm{q}} = \sum_{k=1}^{J} \vec{q}_k , \tag{6}$$

Как видно из рисунка 4, собственный вектор во временной области обладает периодичностью, что позволяет его обнаружить и компенсировать, поэтому на основе рассмотренного математического аппарата предлагается следующий алгоритм формирования субполосной помехи, структура которой близка к шуму.



а) график функции $q(t)$ б) нормированный амплитудный спектр $Q(\omega)$

a) The graph of the function $q(t)$ b) Normalized amplitude range $Q(\omega)$

Рис. 4. Собственный вектор субполосной матрицы $q(t)$

Fig. 4. The Eigen vector of the subband matrix $q(t)$

Алгоритм формирования субполосной помехи

Шаг 1. Задать значение центральной частоты, f_0.

Шаг 2. Задать длительность субполосной помехи t, ($N = t \cdot f_д$).

Шаг 3. Задать ширину частотной полосы занимаемой субполосной помехой, Δf.

Шаг 4. Задать значение частоты дискретизации, $f_д$.

Шаг 5. Задать коэффициент пропорциональности $h \in \overline{(0,1)}$.

Шаг 6. Найти ПСП $\vec{u}$, $u_k \in \overline{[-1,1]}$ (ПСП рекомендуется получать при помощи линейного конгруэнтного генератора [5]).

Шаг 7. Вычислить ядро субполосной матрицы.

$$a_{ik} = \begin{cases} \sqrt{1-h} \cdot 4\pi\Delta f / f_д + \sqrt{h} \cdot u_k & ,i = k \\ \sin\left(2\pi\Delta f / f_д \left(i-k\right)\right) \cdot \cos\left(2\pi f_0 / f_д \left(i-k\right)\right) & i \neq k \end{cases}, \quad i,k = 1,\ldots,N,$$

где u_m – шум с нормальным законом распределения; h – коэффициент пропорциональности, $h \in \overline{(0,1)}$.

Шаг 8. Получить разложение субполосной матрицы по собственным векторам и собственным числам [2, 3, 4, 6].

$$\lambda_k \vec{q}_k = A\,\vec{q}_k .$$

Шаг *9*. Определить количество собственных чисел со значениями близкими к единице – J .

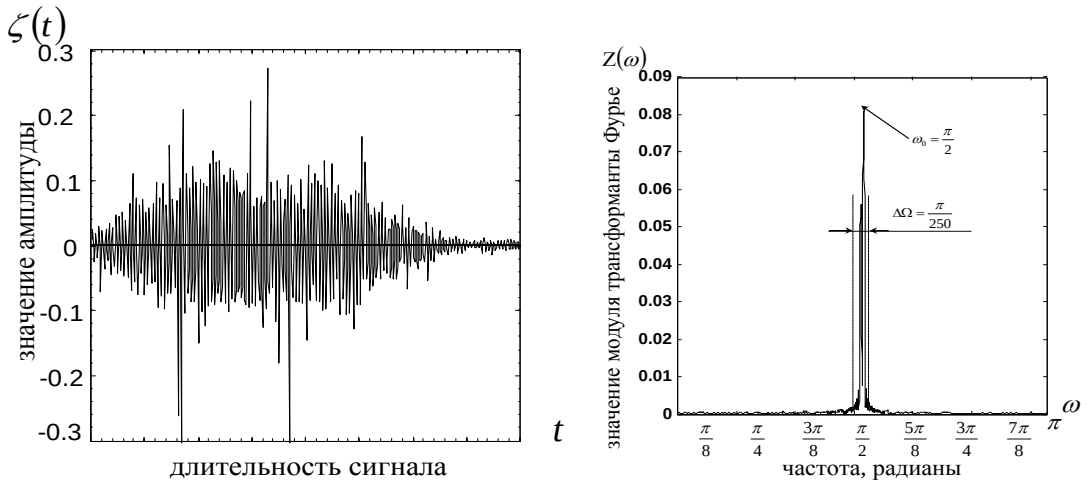
Шаг *10*. Сформировать субполосную помеху:

$$\vec{\zeta} = \sum_{k=1}^{J} \vec{q}_k .$$

Шаг 11. Конец алгоритма

Вычислительные эксперименты

На рисунках 5 и 6 представлены результаты моделирования узкополосной помехи в среде MATLAB на основе предложенного алгоритма с коэффициентом пропорциональности (h) 0,1 и 0,99 соответственно.

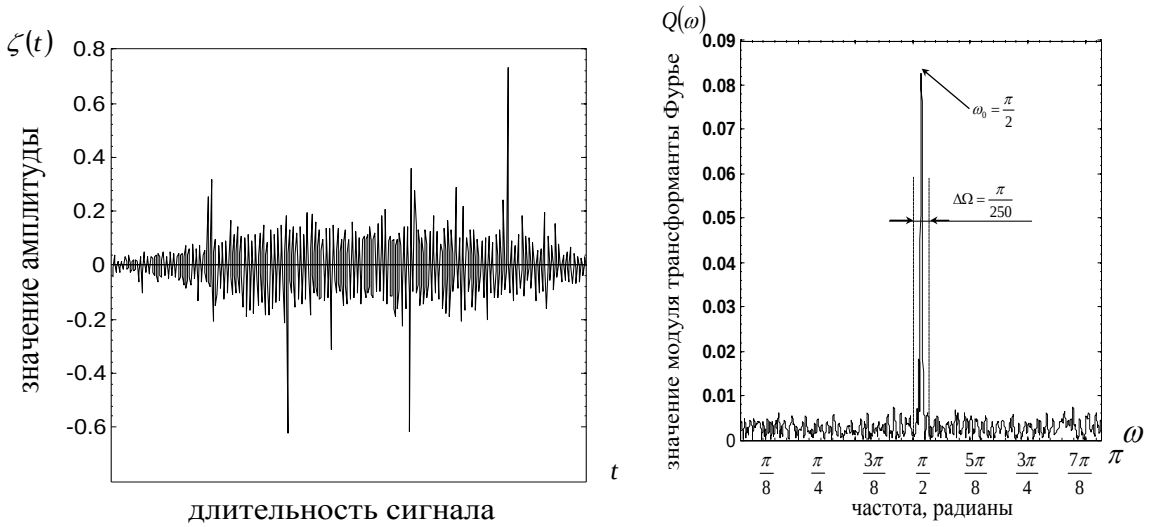


а) график функции $\zeta(t)$ (а) б) нормированный амплитудный спектр $Z(\omega)$

a) The graph of the function $\zeta(t)$ (a) b) Normalized amplitude range $Z(\omega)$

Рис. 5. Модель субполосной помехи $\zeta(t)$, при h =0.1

Fig. 5. Model of the subband interference $\zeta(t)$, h =0.1



а) график функции $\zeta(t)$ б) нормированный амплитудный спектр $Z(\omega)$

a) The graph of the function $\zeta(t)$ b) Normalized amplitude range $Z(\omega)$

Рис. 6. Модель субполосной помехи $\zeta(t)$, при h =0.99

Fig. 6. Model of the subband interference $\zeta(t)$, h =0.99

Таблица
Table

Просачивание энергии за пределы полосы
The leakage of energy outside the bands

Вид помехи	Доля энергии вне полосы формирования
Гауссов радиоимпульс, $g(t)$.	≈ 0.01
Квазигармоническая помеха, $\xi(t)$.	близко к нулю
Собственный вектор субполосной матрицы, $q(t)$.	≈ 0.01 (пропорционально $(1-\lambda)$)
Субполосная помеха $\zeta(t)$, с $h = 0.1$.	≈ 0.01
Субполосная помеха $\zeta(t)$, с $h = 0.99$.	≈ 0.3

Выводы

Сравнительный анализ рисунков 1, 2, 5, 6, а также таблицы показывает, что предложенный алгоритм формирует помеху с характеристиками значительно ближе к случайному шуму по сравнению с первыми двумя моделями (временная область сравниваемых процессов). Кроме того, в предложенной модели субполосной помехи увеличение значения коэффициента пропорциональности h с одной стороны уменьшает квазипериодичность генерируемой помехи и делает ее амплитуду более равномерной во времени, но с другой стороны увеличивается доля энергии помехи, просачивающейся хотя и незначительно за пределы подавляемой полосы частот, что требует выбора рационального варианта.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет генерировать узкополосную помеху, близкую к шуму как случайному процессу, что затрудняет ее нейтрализацию при попытках противодействия постановке помех.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания НИУ «БелГУ» (код проекта № 358).

Список литературы
References

1. Коржик В.И. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений: Справочник / В.И. Коржик, Л.М. Финк, К.Н. Щелкунов: под редакцией Л.М. Финка. – М.: Радио и связь, 1981. – 232 с., ил.

Korzhik V.I. Raschet pomehoustojchivosti sistem peredachi diskretnyh soobshhenij: Spravochnik / V.I. Korzhik, L.M. Fink, K.N. Shhelkunov: pod redakciej L.M. Finka. – M.: Radio i svjaz', 1981. – 232 s., il.

2. Жиляков Е.Г. Вариационные методы анализа сигналов на основе частотных представлений / Е.Г. Жиляков, С.П. Белов, А.А. Черноморец// Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, вып.1. – Москва: Изд-во ОАО «ЦНИИ «Электроника», 2010. – 185с.

Zhiljakov E.G. Variacionnye metody analiza signalov na osnove chastotnyh predstavlenij / E.G. Zhiljakov, S.P. Belov, A.A. Chernomorec// Voprosy radiojelektroniki, ser. JeVT, vyp.1. – Moskva: Izd-vo OAO «CNII «Jelektronika», 2010. – 185s.

3. Жиляков Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным / Е.Г. Жиляков. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160с.

Zhiljakov E.G. Variacionnye metody analiza i postroenija funkcij po jempiricheskim dannym [Tekst]/ E.G. Zhiljakov. – Belgorod: Izd-vo BelGU, 2007. – 160s.

4. Жиляков Е.Г. Разработка нового способа формирования сигналов для систем доступа к широкополосным мультимедийным услугам / Е.Г. Жиляков, Д.В. Урсол, В.З. Магергут// Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – № 19(138) вып. 24.1 – 2012. – С. 207-212.

Zhiljakov E.G. Razrabotka novogo sposoba formirovanija signalov dlja sistem dostupa k shiroko-polosnym mul'timedijnym uslugam [Tekst]/ E.G. Zhiljakov, D.V. Ursol, V.Z. Magergut// Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika, № 19(138) vyp. 24.1 – 2012. – S. 207-212.

5. Иванов М.А., Чугунков И.В. Теория, применение и оценка качества генераторов псевдослучайных последовательностей / Иванов М.А., Чугунков И.В. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. – 240 с.

Ivanov M.A., Chugunkov I.V. Teorija, primenenie i ocenka kachestva generatorov psevdosluchaj-nyh posledovatel'nostej [Tekst]/ Ivanov M.A., Chugunkov I.V. – M.: KUDIC-OBRAZ, 2003. – 240 s.

6. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. – М.: Физматлит, 2004. – 560с.

Gantmaher F.R. Teorija matric / F.R. Gantmaher. – M.: Fizmatlit, 2004. – 560s.

УДК 51-74

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ШАГА КВАНТОВАНИЯ НА ОРТОГОНАЛЬНОСТЬ СОБСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ СУБОПОЛОСНОЙ МАТРИЦЫ

ASSESSMENT OF QUANTIZATION STEP ON THE SUBBAND MATRIX EIGENVECTORS ORTHOGONALITY

Д.В.Урсол, Ю.И.Киселёв
D.V.Ursol, Y.I.Kiselev

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: ursol@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье производится оценка ортогональности базиса на основе собственных векторов в зависимости от уровней квантования

Resume. This article evaluates the orthogonality of the basis depending on the quantization levels of subband matrix eigenvectors.

Ключевые слова: оценка уровня квантования, субполосные матрицы, ортогональность, базисные функции.
Keywords: assessment of the level of quantization, subband matrix, orthogonality, basis functions.

Введение

Для формирования цифровых сигналов и их обработки используются вычислительные устройства, будь то микроконтроллер, программируемая логическая интегральная схема или сигнальный процессор. Такой элемент должен обеспечивать должную скорость формирования и обработки данных. Процессор по формированию сигналов работает с данными, хранящимися в оперативной памяти или другом запоминающем устройстве. Однако скорость работы оперативной памяти и процессора существенно различаются: если бы процессор напрямую общался с оперативной памятью (читал или записывал данные), то большую часть времени попросту простаивал бы. Именно для сокращения задержек доступа к оперативной памяти и применяется кэш-память, которая значительно более скоростная в сравнении с оперативной. . Фактически если оперативная память используется для того, чтобы сгладить задержки доступа к данным на накопителе, то кэш-память процессора применяется для нивелирования задержек доступа к самой оперативной памяти. Для того, чтобы кэш процессора мог выполнять свою основную задачу он должен работать гораздо быстрее, чем оперативная память.

Для обработки и форматирования оптимальных канальных сигналов [1], с точки зрения минимального уровня внеполосного излучения, требуется скорость обработки превышающая скорость потока данных, поэтому требуется хранить базисные вектора в быстро доступным для процессора месте. Так как оперативная память просто не успеет справиться с поступающими в неё данными то необходимо будет использовать кэш-память, но у кэш-памяти есть и свои минусы, она имеет небольшой объем и размещается непосредственно на процессорном кристалле.

В связи с этим появляется необходимость сжатия и оптимизации базисных функций для возможности хранения в запоминающем устройстве. В данной статье рассматривается одним из методов уменьшение битового объема информации с помощью квантования по уровню.

Экспериментальная часть

Из [1] известно, что субполосный базис обладает свойствами оптимальности с точки зрения минимального уровня внеполосного излучения. В качестве исследуемых сигналов были выбраны собственные векторы субполосных матриц. Свойство ортогональности собственных векторов позволяет записать равенство:

$$Q^t \cdot Q = 1 \tag{1}$$

где матрица $Q_1 = \{\vec{q}_1, \vec{q}_2, \ldots, \vec{q}_J\}$ имеет размерность $[N \times J]$.

Поэтому восстановление передаваемой информации может быть осуществлено на основе операции:

$$\vec{e} = Q^T \times \vec{x} = Q^T \times Q^T \times \vec{e} = 1 \times \vec{e} \tag{2}$$

В реальных условиях, однако, необходимо формировать непрерывные сигналы, а не дискретные. Для этого естественно воспользоваться аналогией вида:

$$x(t) = \sum_{i=1}^{J} e_i q_i(t), t \in [0,T] \quad (3)$$

где $q(t)$ - собственные функции субполосного ядра [2] вида:

$$A(t-t_1) = (\sin[\Omega_2(t-t_1)] - \sin[\Omega_2(t-t_1)]) / \pi(t-t_1) \quad (4)$$

так, что по определению должно выполняться равенство:

$$\lambda_i q_i(t) = \int_o^T A(t-t_1) q_i(t_1) dt_1 \quad (5)$$

Здесь Ω_1 и Ω_2 границы частотного интервала в Герцах.

Вычисления показывают, что одному и тому же собственному числу соответствуют две ортогональных собственных функции, модули трансформант Фурье которых не отличаются. Поэтому представляется целесообразным использовать аппроксимации:

$$\hat{q}_{2k-1}(t) = u_k(t)\cos(\Omega_c t) \quad (6)$$

$$\hat{q}_{2k}(t) = u_k(t)\sin(\Omega_c t) \quad (7)$$

$$\lambda_л u_k = \int_0^T A_0(t-\tau) u_k(\tau) d\tau \quad (8)$$

$$A_0(\tau) = \sin\left[\frac{\Omega_2 - \Omega_1}{2}\tau\right] / \pi \quad (9)$$

где $k = 1,2,\ldots,J/2$;

$$\Omega_c = (\Omega_2 - \Omega_1)/2 \quad (10)$$

$$J = (\Omega_2 - \Omega_1)T / 2\pi \quad (11)$$

причем предполагается выполнение условия

$$(\Omega_2 - \Omega_1)T / 2\pi \succ 8 \quad (12)$$

так как, только в этом случае будет порядка $J/2$ собственных чисел мало отличающихся от единицы.

Для вычисления аппроксимаций собственных функций согласно соотношению (5) следует использовать квадратурную формулу, например прямоугольников:

$$\lambda_i q_i(k\Delta t) = \Delta t \sum_{n=0}^{N} A(\Delta t(k-n)) q_i(n\Delta t)) \quad (13)$$

выбрав достаточно малый шаг дискретизации

$$\Delta t = T / N \quad (14)$$

Целью дальнейшего является исследование, с точки зрения эффективности формирования канальных сигналов, свойств предлагаемых аппроксимаций, а именно:

- возможность построения на этой основе ортогонального базиса;
- оценивание вероятностей ошибочных решений при приеме сигналов на основе правила и наоборот.

$$z_i = \int_0^T \hat{x}(t)\hat{q}_i(t) dt \succ 0 \Rightarrow e_i = 1 \quad (15)$$

Здесь $\hat{\hat{x}} = \vec{x} + \vec{\varepsilon}$.

Естественно, что как при формировании так и при обработке канальных сигналов интегралы заменяются суммами, что означает дискретизацию в том числе и огибающих. Поэтому собственные функции выполняются в дискретном наборе точек согласно (5).

В таблице 1 приведены результаты вычислений при выполнении неравенства (10) скалярных произведений аппроксимаций вида (6) и (7). Легко понять, что получаемый таким образом базис будет ортогональным.

Таблица 1
Table 1

Полученная (исходная) матрица скалярных произведений аппроксимации собственных векторов
The resulting (default) matrix of scalar products eigenvectors

	$\hat{\hat{q}}_1$	$\hat{\hat{q}}_2$	$\hat{\hat{q}}_3$	$\hat{\hat{q}}_4$	$\hat{\hat{q}}_5$	$\hat{\hat{q}}_6$	$\hat{\hat{q}}_7$	$\hat{\hat{q}}_8$	$\hat{\hat{q}}_9$	$\hat{\hat{q}}_{10}$
$\hat{\hat{q}}_1$	1,0e+00	2,9e-16	4,9e-16	-9,8e-17	6,1e-17	2,7e-17	-9,1e-18	8,4e-17	-6,8e-17	-7,0e-17
$\hat{\hat{q}}_2$	2,9e-16	1,0e+00	-3,3e-17	-8,2e-17	-8,6e-17	-1,9e-17	5,7e-17	-3,0e-17	1,5e-17	9,3e-17
$\hat{\hat{q}}_3$	4,9e-16	-3,3e-17	1,0e+00	3,5e-17	9,7e-17	2,3e-16	1,5e-17	-9,5e-17	-5,8e-17	8,5e-17
$\hat{\hat{q}}_4$	-9,8e-17	-8,2e-17	3,5e-17	1,0e+00	-3,8e-17	5,6e-17	-4,7e-17	3,3e-18	4,6e-17	-1,5e-16
$\hat{\hat{q}}_5$	6,1e-17	-8,6e-17	9,7e-17	-3,8e-17	1,0e+00	-1,5e-16	7,0e-17	7,6e-17	6,0e-17	9,9e-18
$\hat{\hat{q}}_6$	2,7e-17	-1,9e-17	2,3e-16	5,6e-17	-1,5e-16	1,0e+00	-9,7e-17	4,9e-17	-5,9e-17	-6,3e-18
$\hat{\hat{q}}_7$	-9,1e-18	5,7e-17	1,5e-17	-4,7e-17	7,0e-17	-9,7e-17	1,0e+00	6,9e-18	4,2e-17	3,5e-17
$\hat{\hat{q}}_8$	8,4e-17	-3,0e-17	-9,5e-17	3,3e-18	7,6e-17	4,9e-17	6,9e-18	1,0e+00	-7,6e-17	-4,9e-17
$\hat{\hat{q}}_9$	-6,8e-17	1,5e-17	-5,8e-17	4,6e-17	6,0e-17	-5,9e-17	4,2e-17	-7,6e-17	1,0e+00	-3,9e-16
$\hat{\hat{q}}_{10}$	-7,0e-17	9,3e-17	8,5e-17	-1,5e-16	9,9e-18	-6,3e-18	3,5e-17	-4,9e-17	-3,9e-16	1,0e+00

Для проведения экспериментов по изменению уровня квантования собственных функций субполосной матрицы Q был использован математический пакет MatLab.

Квантование по уровню является процессом преобразования сигнала по множеству в сигнал с конечным числом значений и непосредственно связано с операцией округления, реализуемой нелинейным элементом, называемым шагом квантование.

Шаг квантования определяет число уровней квантования или разрешающую способность ЦАП. Для нахождения шага квантования была использована операция:

$$\Delta = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^m} \tag{16}$$

где m – разрядность квантования, а $U_{\max}$ и $U_{\min}$ определяются :

$$U_{\max} = \max(Q(n, j)), n = 1,2,\ldots,N, j = 1,2,\ldots,J \tag{17}$$

$$U_{\min} = \min(Q(n, j)), n = 1,2,\ldots,N, j = 1,2,\ldots,J \tag{18}$$

где $Q(n, j)$ - элемент матрицы с размерностью $[N \times J]$.

Для осуществления операции квантования необходимо выполнить следующее:

$$Q^*(n, j) = sign[Q(n, j)][\frac{Q(n, j)}{\Delta} + 0.5], n = 1,2,\ldots,N, j = 1,2,\ldots,J \tag{19}$$

Изменяя таким образом m (разрядность квантования), т.е. изменяя шаг квантования, были получены различные значения скалярного произведения собственных векторов субполосной матрицы Q.

В качестве исходных данных для проведения эксперимента были выбраны:

- Субполосная матрица собственных векторов - Q, размерностью $[64 \times 10]$
- Частота дискретизации - $F_д = 3.27 кГц$
- Ширина полосы - $B_w = 1 кГц$
- Количество бит на значения - $N = 64$
- Разрядность квантования - $m = [16,8,4,2]$

В таблице 2 приведен результат выполнения неравенства (19), при $m = 16$, используя полученные значения неравенств (16), (17) и (18) включительно :

Таблица 2
Table 2

Матрица скалярных произведений аппроксимации собственных векторов при уровне квантования m=16
Matrix of scalar products eigenvectors at the level of quantization m = 16

	$\hat{\vec{q}}_1$	$\hat{\vec{q}}_2$	$\hat{\vec{q}}_3$	$\hat{\vec{q}}_4$	$\hat{\vec{q}}_5$	$\hat{\vec{q}}_6$	$\hat{\vec{q}}_7$	$\hat{\vec{q}}_8$	$\hat{\vec{q}}_9$	$\hat{\vec{q}}_{10}$
$\hat{\vec{q}}_1$	0,9312	4,8e-03	4,8e-03	2,7e-03	8,0e-03	1,0e-02	1,7e-03	1,3e-02	1,4e-02	9,4e-03
$\hat{\vec{q}}_2$	4,8e-03	0,8964	-2,0e-2	-1,5e-2	-5,8e-3	-9,9e-3	-1,3e-2	-6,6e-3	-5,3e-3	-6,8e-03
$\hat{\vec{q}}_3$	4,8e-03	-2,0e-2	0,8979	-1,4e-2	-3,9e-3	-5,0e-3	-1,3e-2	-7,1e-03	-1,2e-3	-6,2e-03
$\hat{\vec{q}}_4$	2,7e-03	-1,5e-2	-1,4e-2	0,8976	-6,7e-3	-9,0e-3	-1,1e-02	-6,4e-3	-6,0e-4	-3,0e-03
$\hat{\vec{q}}_5$	8,0e-03	-5,8e-3	-3,9e-3	-6,7e-3	0,9138	-7,0e-4	-4,1e-3	-7,0e-4	3,5e-03	0,0e+00
$\hat{\vec{q}}_6$	1,0e-02	-9,9e-3	-5,0e-3	-9,0e-3	-7,0e-4	0,9059	-1,1e-02	-1,2e-3	5,3e-03	3,3e-03
$\hat{\vec{q}}_7$	1,7e-03	-1,3e-2	-1,3e-2	-1,1e-02	-4,1e-3	-1,1e-02	0,8976	-5,9e-3	9,0e-04	-6,0e-03
$\hat{\vec{q}}_8$	1,3e-02	-6,6e-3	-7,1e-03	-6,4e-3	-7,0e-4	-1,2e-4	-5,9e-3	0,907	7,9e-03	1,5e-03
$\hat{\vec{q}}_9$	1,4e-02	-5,3e-3	-1,2e-3	-6,0e-4	3,5e-03	5,3e-03	9,0e-04	7,9e-03	0,9208	6,6e-03
$\hat{\vec{q}}_{10}$	4,7e-05	-4,2e-5	-2,0e-5	-3,2e-5	-4,5e-6	-2,6e-6	-3,7e-5	-8,4e-6	2,5e-05	9,40e-3

В качестве исходных данных для проведения эксперимента были выбраны:

- Субполосная матрица собственных векторов - Q, размерностью $[64 \times 10]$
- Частота дискретизации - $F_д = 3.27 кГц$
- Ширина полосы - $B_w = 1 кГц$
- Количество бит на значения - $N = 64$
- Разрядность квантования - $m = [16,8,4,2]$

В таблице 3 приведен результат выполнения неравенства (19), при $m = 8$, используя полученные значения неравенств (16), (17) и (18) включительно :

Таблица 3
Table 3

Матрица скалярных произведений аппроксимации собственных векторов при уровне квантования m=8
Matrix of scalar products eigenvectors at the level of quantization m = 8

	$\hat{\vec{q}}_1$	$\hat{\vec{q}}_2$	$\hat{\vec{q}}_3$	$\hat{\vec{q}}_4$	$\hat{\vec{q}}_5$	$\hat{\vec{q}}_6$	$\hat{\vec{q}}_7$	$\hat{\vec{q}}_8$	$\hat{\vec{q}}_9$	$\hat{\vec{q}}_{10}$
$\hat{\vec{q}}_1$	0,9991	0,0029	-0,0030	0,0011	0,0005	-0,0025	0,0029	-0,0028	0,0004	-0,0003
$\hat{\vec{q}}_2$	0,0029	0,9945	0,0036	-0,0003	-0,0075	-0,0001	-0,0015	0,0005	-0,0002	-0,0001
$\hat{\vec{q}}_3$	-0,0030	0,0036	0,9928	-0,0011	0,0000	-0,0021	-0,0006	0,0000	-0,0022	0,0013
$\hat{\vec{q}}_4$	0,0011	-0,0003	-0,0011	0,9958	-0,0019	0,0035	0,0035	0,0008	0,0027	-0,0049
$\hat{\vec{q}}_5$	0,0005	-0,0075	0,0000	-0,0019	0,9886	-0,0024	-0,0028	0,0019	-0,0001	-0,0034
$\hat{\vec{q}}_6$	-0,0025	-0,0001	-0,0021	0,0035	-0,0024	0,9955	0,0006	0,0013	0,0014	-0,0032
$\hat{\vec{q}}_7$	0,0029	-0,0015	-0,0006	0,0035	-0,0028	0,0006	0,9989	-0,0014	0,0005	-0,0002
$\hat{\vec{q}}_8$	-0,0028	0,0005	0,0000	0,0008	0,0019	0,0013	-0,0014	0,9952	0,0010	-0,0023
$\hat{\vec{q}}_9$	0,0004	-0,0002	-0,0022	0,0027	-0,0001	0,0014	0,0005	0,0010	0,9927	0,0000
$\hat{\vec{q}}_{10}$	-0,0003	-0,0001	0,0013	-0,0049	-0,0034	-0,0032	-0,0002	-0,0023	0,0000	0,9911

В качестве исходных данных для проведения эксперимента были выбраны:

- Субполосная матрица собственных векторов - Q, размерностью $[64 \times 10]$
- Частота дискретизации - $F_д = 3.27 кГц$
- Ширина полосы - $B_w = 1 кГц$
- Количество бит на значения - $N = 64$
- Разрядность квантования - $m = [16,8,4,2]$

В таблице 4 приведен результат выполнения неравенства (19), при $m = 4$, используя полученные значения неравенств (16), (17) и (18) включительно :

Таблица 4
Table 4

Матрица скалярных произведений аппроксимации собственных векторов при уровне квантования m=4
Matrix of scalar products eigenvectors at the level of quantization m = 4

	$\hat{\bar{q}}_1$	$\hat{\bar{q}}_2$	$\hat{\bar{q}}_3$	$\hat{\bar{q}}_4$	$\hat{\bar{q}}_5$	$\hat{\bar{q}}_6$	$\hat{\bar{q}}_7$	$\hat{\bar{q}}_8$	$\hat{\bar{q}}_9$	$\hat{\bar{q}}_{10}$
$\hat{\bar{q}}_1$	0,7762	0,0140	-0,0629	-0,0070	-0,0210	0,0210	-0,0490	-0,0070	-0,0350	-0,0140
$\hat{\bar{q}}_2$	0,0140	0,8112	0,0070	-0,0070	-0,0280	-0,0699	0,0490	0,0420	0,0839	0,0140
$\hat{\bar{q}}_3$	-0,0629	0,0070	0,7832	-0,0210	0,0070	0,0140	-0,0280	-0,0210	0,0140	-0,0350
$\hat{\bar{q}}_4$	-0,0070	-0,0070	-0,0210	0,7902	-0,0070	0,0559	0,0559	-0,0140	-0,0420	0,0559
$\hat{\bar{q}}_5$	-0,0210	-0,0280	0,0070	-0,0070	0,7762	-0,0210	0,0070	-0,0070	0,0420	0,0000
$\hat{\bar{q}}_6$	0,0210	-0,0699	0,0140	0,0559	-0,0210	0,7483	0,0000	0,0070	-0,0140	-0,0420
$\hat{\bar{q}}_7$	-0,0490	0,0490	-0,0280	0,0559	0,0070	0,0000	0,8112	0,0140	0,0979	0,0070
$\hat{\bar{q}}_8$	-0,0070	0,0420	-0,0210	-0,0140	-0,0070	0,0070	0,0140	0,7692	0,0000	0,0000
$\hat{\bar{q}}_9$	-0,0350	0,0839	0,0140	-0,0420	0,0420	-0,0140	0,0979	0,0000	0,8531	0,0000
$\hat{\bar{q}}_{10}$	-0,0140	0,0140	-0,0350	0,0559	0,0000	-0,0420	0,0070	0,0000	0,0000	0,9231

В качестве исходных данных для проведения эксперимента были выбраны:

- Субполосная матрица собственных векторов - Q, размерностью $[64 \times 10]$
- Частота дискретизации - $F_д = 3.27 кГц$
- Ширина полосы - $B_w = 1 кГц$
- Количество бит на значения - $N = 64$
- Разрядность квантования - $m = [16,8,4,2]$

В таблице 5 приведен результат выполнения неравенства (19), при $m = 2$, используя полученные значения неравенств (16), (17) и (18) включительно :

Таблица 5
Table 5

Матрица скалярных произведений аппроксимации собственных векторов при уровне квантования m=2
Matrix of scalar products eigenvectors at the level of quantization m = 2

	$\hat{\bar{q}}_1$	$\hat{\bar{q}}_2$	$\hat{\bar{q}}_3$	$\hat{\bar{q}}_4$	$\hat{\bar{q}}_5$	$\hat{\bar{q}}_6$	$\hat{\bar{q}}_7$	$\hat{\bar{q}}_8$	$\hat{\bar{q}}_9$	$\hat{\bar{q}}_{10}$
$\hat{\bar{q}}_1$	0,8333	0,1667	0,0000	-0,2500	0,0000	-0,0833	-0,1667	0,0000	0,0000	0,0000
$\hat{\bar{q}}_2$	0,1667	0,8333	-0,0833	0,0000	-0,2500	-0,2500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\hat{\bar{q}}_3$	0,0000	-0,0833	0,7500	0,0000	0,2500	-0,1667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\hat{\bar{q}}_4$	-0,2500	0,0000	0,0000	0,9167	0,0833	-0,0833	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\hat{\bar{q}}_5$	0,0000	-0,2500	0,2500	0,0833	0,9167	-0,0833	0,0833	0,0000	0,0000	0,0000
$\hat{\bar{q}}_6$	-0,0833	-0,2500	-0,1667	-0,0833	-0,0833	0,9167	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\hat{\bar{q}}_7$	-0,1667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0833	0,0000	0,7500	0,0000	-0,1667	0,0000
$\hat{\bar{q}}_8$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,1667
$\hat{\bar{q}}_9$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,1667	0,0000	0,6667	0,0000
$\hat{\bar{q}}_{10}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1667	0,0000	0,6667

Заключение

По результатам скалярных произведений собственных векторов, приведенных в таблице следует, что искажения полученных данных, вызванные квантованием по уровню 2^{16}, являются допустимыми. При уровне квантования 2^8 выявляются заметные, но также допустимые искажения. Начиная

с 2^4 уровня квантования и ниже искажения не позволяют использовать такой базис для формирования и обработки сигналов.

Список литературы
References

1. Жиляков Е,Г., Белов С.П., Урсол Д.В. Оптимальные канальные сигналы при цифровой передаче с частотным уплотнением - Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – № 7(62), Вып. 10/1 2009. - с.166 – 172.

Zhilyakov E.G., Belov S.P., Ursol D.V. Optimalniye kanalniye signaly pri cifrovoj peredache s chastotnym uplotneniem - Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika - № 7(62), Vyp. 10/1 2009. - s.166 – 172.

2. Жиляков Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: моногр. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160 с.

ZHilyakov E.G. Variacionnye metody analiza i postroeniya funkcij po ehmpiricheskim dannym: monogr. – Belgorod: Izd-vo BelGU, 2007. – 160 s.

3. Кузнецов М.А., Абатуров П.С., Никодимов И.Ю., Певцов Н.В., Рыжков А.Е., Сиверс М.А. GPRS – технология пакетной передачи данных в сетях GSM СПб: Судостроение, 2002. – 144с.

Kuznecov M.A., Abaturov P.S., Nikodimov I.YU., Pevcov N.V., Ryzhkov A.E., Sivers M.A. GPRS – tekhnologiya paketnoj peredachi dannyh v setyah GSM SPb: Sudostroenie, 2002. – 144s.

УДК 621.377.2

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕКОНВОЛЮЦИИ КОСМИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ОСЛАБЛЕНИЯ СТЕПЕНИ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ В СИНТЕЗЕ ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТА ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

AN ANALYSIS OF INFLUENCE ON THE RESULTS OF DECONVOLUTION OF SPACE IMAGE OF HIGH-RES OF WEAKENING TO THE DEGREE OF REGURALIZATION IS IN THE SYNTHESIS OF FREQUENCY-CONTRASTING DESCRIPTION OF HIGHWAY OF THE REMOTE SENSING

В.Н. Винтаев
V.N. Vintayev

Белгородский университет кооперации, экономики и права, Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, 116а
Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 116a Sadovaya St, Belgorod, 308023, Russia

e-mail: viktor.vn2010@yandex.ru

Аннотация. Для выполнения тонкой коррекции резкости космического изображения высокого разрешения реализуется вычисление пространственно-частотных спектров функций рассеяния точки по опорным ориентирам, синтез частотно-контрастной характеристики тракта и фильтрация изображения со специальным образом синтезированным ядром итеративного оператора деконволюции. В работе приведен анализ влияния на результаты деконволюции ослабления степени регуляризации сингулярностей, присутствующих в перечисленных выше объектах и предлагается замена приводящей к квазирешениям по деконволюции регуляризации на метод работы с сингулярными на мере нуль обобщенными функциями, представляющими соответствующие сингулярности.

Resume. For fine correction of sharpness space high resolution images is implemented by calculating a spatial-frequency spectra of functions of the scattering point on the reference benchmarks, a synthesis of the frequency-contrast characteristics of the tract and filtering of the image with the special image synthesized by the core iterative deconvolution operator. The paper presents the impact analysis results from deconvolution of weakening the degree of regularization of singularities, present in the above-mentioned objects and suggests replacement leading to quasi-solutions in the regularization of the deconvolution method to work with singular in zero as generalized functions representing the corresponding singularity.

Ключевые слова: пространственно-частотный спектр, функция рассеяния точки, деконволюция, интеграл Лебега, формула Ван Циттера, сингулярная обобщенная функция с носителем меры нуль
Keywords: spatially-frequency spectrum, function of dispersion of point, deconvolution, the Lebesgue integral, formula of Van Zitter, singular generalized function with the carrier of measure zero

Введение

Строя деконволюцию – решение интегральных уравнений Фредгольма с использованием спектральных представлений оператора деконволюции (СПОД) и минимизируя невязки обратной оптимизированной частотно-контрастной характеристики (ЧКХ) тракта зондирования 1/(ЧКХ) и СПОД на этапах итеративного процесса коррекции, можно свести «остаточную» функцию рассеяния точки (ФРТ) [1] к апертуре пиксела [2-5]. ЧКХ на этапах итераций синтезируется классическим отношением пространственно частотных спектров (ПЧС) исходного и корректируемого изображений в специальном разработанном аддитивном представлении задачи коррекции изображения на основе обобщенного градиентного оператора с варьируемым порядком [2-5].

Оптимизация ЧКХ проводится минимизацией функционалов, сформулированных на требованиях, наиболее весомые из которых это:

– отсутствие тенденции спада и роста аппликат ЧКХ вплоть до приближения к высшим спектральным модам в заданных пределах;

– не превышения значением порядка градиентного оператора порога, при котором резидентно присутствуют глобальное контрастирование или выделение контуров и т.д. [3].

Одной из проблем при этом является необходимость регуляризации возникающих сингулярных значений в синтезируемой и оптимизируемой ЧКХ. Однако, регуляризация приводит в итоге к квазирешениям по резкости, то есть к улучшению резкости на изображениях, близких по некоторой норме к корректируемым изображениям [6]. Дальнейшие шаги по выравниванию ситуации, как правило, связывают с аналитическим исследованием распознаваемых опорных ориентиров (ОО) на сформированном изображении и их эталонов (Э), причем ориентиры эти не всегда могут быть даже аттестованы метрологически и не смогут дать возможности «выдавить» нежелательные артефакты от регуляризаций за пределы штатной и откорректированной в высшую сторону полосы пропускания пространственных частот трактом зондирования.

В настоящей статье предложен метод представления упомянутых сингулярностей обобщенными сингулярными функциями медленного роста Шварца (с носителем меры нуль) [7,8], свертка с которыми при их подстановке в формулу коррекции резкости, т.е. уже реализованную формулу Ван Циттера, дает окончательное решение по деконволюции. При этом интегралы Римана преобразуются в интегралы Лебега при аналитическом интегрировании (с предварительной передискретизацией участка интегрирования и функционализацией интегрируемого массива), а при численном интегрировании, в силу представления сингулярности предельно возможным узким прямоугольником в верхней и нижней сумме Дарбу для интеграла всегда присутствует условие нормировки на конечную величину, без которого описанная только что модель функции Шварца не имеет смысла.

Цель работы: на основе анализа влияния ослабления степени регуляризации сингулярных артефактов при коррекции резкости космического изображения построить охарактеризовывающие примеры уклонений квазирешений от решений задачи по деконволюции с заменой сингулярных артефактов обобщенными сингулярными функциями медленного роста.

Коррекция резкости изображения и анализ влияния ослабления степени регуляризации сингулярностей на результаты деконволюции

Ослабление степени регуляризации целесообразно оценивать снижением значения нормы отклонения регуляризованного параметра от значения, вызвавшего наличие соответствующей сингулярности.

Возникают сингулярные значения достаточно часто, так как используемый в знаменателе выражения для синтеза ЧКХ пространственно-частотный спектр (ПЧС) первично откорректированного изображения имеет достаточное количество нулей. Применяемые в практике аналогичных операций со спектрами методы регуляризации («замазывание» нулей стремящимися к нулю параметрами (регуляризация Тихонова) или игнорирование соответствующих пространственных частот в решаемой задаче с уменьшением в пределе полос «игнорирования») приводят всегда к близкому к «истине» решению, которое не только неоднозначно, но и не всегда попадает в интервал отклонений от «истины», лежащий в области пространственных частот за пределами соответствующих возможностей окна пропускания трактом зондирования [6]. Это приводит к так называемому квазирешению по коррекции разрешения, т.е. коррекции разрешения на «не совсем том», т.е. не совпадающим с исходным изображении [6]. Отсюда следует паллиативная постановка проверки упоминаемой «истинности» деконволюции: методом приведения откорректированных изображений к исходному редукцией их ПЧС покомпонентным перемножением с реализованной при первичной аддитивной [5] коррекции неоптимизированной ЧКХ тракта зондирования.

Отмечаемые сингулярности, в работе представляются объектом - обобщенной сингулярной функцией медленного роста (обобщенной функцией Шварца), определенной на счетном множестве-векторном дискретном пространстве [7-9].

При этом в работе используется модель сингулярности на основе дельта - функции как функции Шварца и строится следующим образом: в подинтегральном выражении, например, в точке сингулярности встраивается прямоугольник (в двумерном варианте параллелепипед) высотой, определяемой десятикратным максимальным диапазоном аппликат в тракте зондирования и шириной (диаметром основания), равной обратному значению высшей пространственной частоты в тракте. Для решаемых в спектральной области задач из всего спектрального диапазона в силу ортонормированности базисов спектральных представлений вырезаются субполосы, содержащие проблему сингулярности, на них одновременно с оставшимися интервалами решается задача деконволюции, а потом производится сборка результата на спектральной плоскости по методу объединения множеств аппликат результирующих изображений, приведенному в [10]:

$$S_И = F^{-1}\left(\bigcup_{i,j}^{N,M} \mu_{i,j} F(S_И)_{ij}\right) \qquad (1)$$

где $S_И$ –полное восстанавливаемое изображение; $(S_И)_{ij}$– восстанавливаемое изображение в ***i,j***-той выделенной субполосе, F^{-1}, F – обратное и прямое двумерное Фурье-преобразование, соответственно, $\mu_{i,j}$ – весовые коэффициенты (функции принадлежности), а сами множества отсчетов $F(S_И)_{ij}$ считаются нечеткими с изопланатичными функциями принадлежности равными $\mu_{i,j}$.

Функции принадлежности $\mu_{i,j}$ вычисляются по правилу:

$$\mu_{ij} = \left\| F(S_И)_{ij} \right\|^2 / \sum_{i,j}^{N,M} \left\| F(S_И)_{ij} \right\|^2 \qquad (2)$$

Такой подход необходим, так как при разбиении спектра изображения на субполосы, номера, присвоенные ранее гармоникам не меняются, все абсолютно результаты деконволюции

расширяются по полосе ПЧС в высшую сторону и при описанной композиции множества частот пересекаются.

Далее, для спектральных участков задачи коррекции с сингулярными функциями все соотношения, полученные в работах [2,3,4,5] при оптимизации ЧКХ строятся классически в виде интегралов – скалярных произведений на основные функции [7] , т.е. рассматриваются над полем основных функций класса $C^{(\infty)}$ (подразумевая при этом слабую сходимость при численном интегрировании). Осциллирующая экспонента может быть такой основной функцией, тем более, что норма ее равна единице [7], но в работе использовалась основная функция $\varphi = \exp(-\omega)$, где ω может ограничиваться верхним значением пространственной частоты $\omega_в$ в окне пропускания тракта зондирования.

Например, соотношение максимизации объема под огибающей ЧКХ, формализующее требование из набора требований [4] при оптимизации ЧКХ преобразуется за счет организации на нем указанного выше скалярного произведения к виду:

$$\int_0^{\omega_в} (ЧКХ(\omega_i, \omega_j)\delta\omega_i \delta\omega_j)\varphi d\omega = R_1(1 - \exp(-\omega_в)) = \max \qquad (3)$$

где M и N – размеры в отсчетах спектрального окна задачи, $\delta\omega_i$ и $\delta\omega_j$ – приращения значений мод спектрального представления, равные 2π/N и 2π/M.

Итоговое соотношение Ван-Циттера для итеративного оператора деконволюции [2,3,4,5] не изменяется за исключением того, что интегрирование при выполнении свертки в нем реализуется по правилам численного интегрирования Лебега.

При этом следует акцентировать, что модель сингулярности в формуле представлялась на основе функции Шварца – дельта-функции Дирака: это встраиваемый в точке сингулярности после выполнения Фурье-преобразований (в смысле слабой сходимости) описанный выше параллелепипед.

Исследования при этом показали, что при увеличении высоты параллелепипеда в модели сингулярности или надо уменьшать его ширину, что невозможно, т.к. нет в наличии пикселов с такими малыми апертурами или соглашаться с возникающими артефактами в виде различных искажений контраста на изображении. Этот вопрос в настоящее время исследуется отдельно, т.к. представляет собой исследование построений конечных моделей объектов меры нуль для коррекции изображений и в данной работе не может быть изложен.

Ниже, на изображении высокого разрешения (точнее сверхвысокого, т.к. полученного по технологии сверхвысокого разрешения) с аппарата OrbView-3 показаны проведенные вычислительные эксперименты по применению разработанной методики (Рис.1–Рис.4).

В данном эксперименте исходный фрагмент рассматривался как откорректированный относительно расфокусированного для вычисления первичной ЧКХ для метода итеративной деконволюции.

Ниже приведены результаты сравнения полученных экспериментальных изображений с исходным изображением, указанным выше методом обратных преобразований вычислением в метрике Хемминга соответствующей невязки (Рис.5 – Рис.7).

Рис. 1. Исходный фрагмент сформированного изображения высокого разрешения и его ПЧС
Fig. 1. The initial fragment of the generated high-resolution images and PSP

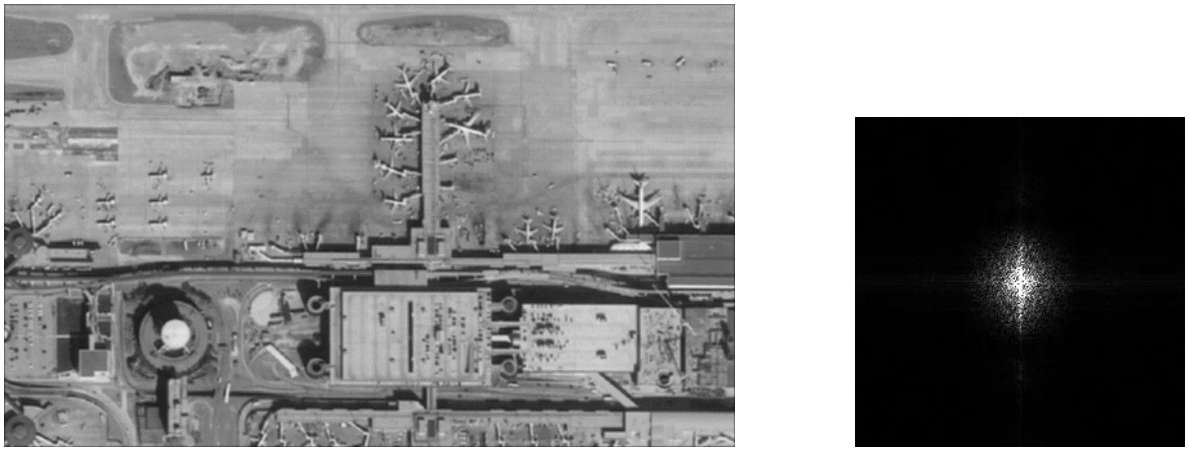


Рис. 2. Исходный фрагмент сформированного изображения высокого разрешения с расфокусировкой и его ПЧС
Fig. 2. The original fragment of the formed image with high resolution focus and his PSP

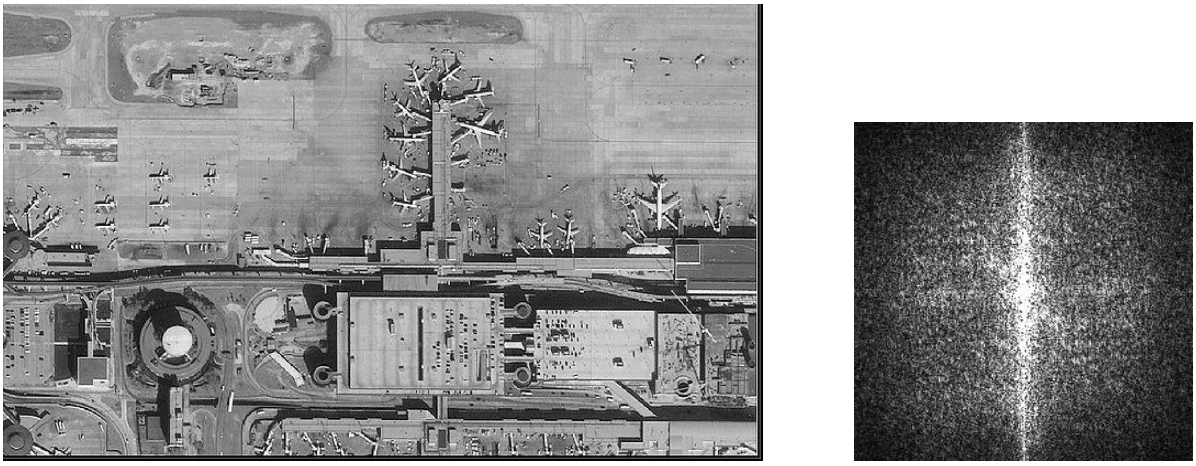


Рис. 3. Результат выполненной деконволюции по предлагаемой технологии
Fig. 3. The result of deconvolution by the proposed technology

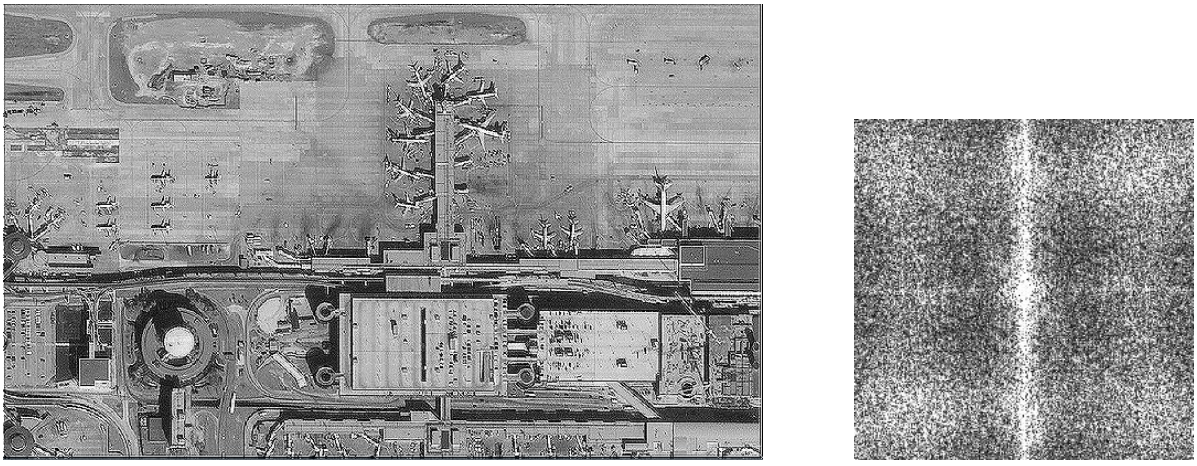


Рис. 4. Результат, показывающий начальное состояние разрушения изображения при дополнительных шагах итеративной деконволюции
Fig. 4. Result indicating the initial state of the destruction of the image with the additional steps of iterative deconvolution

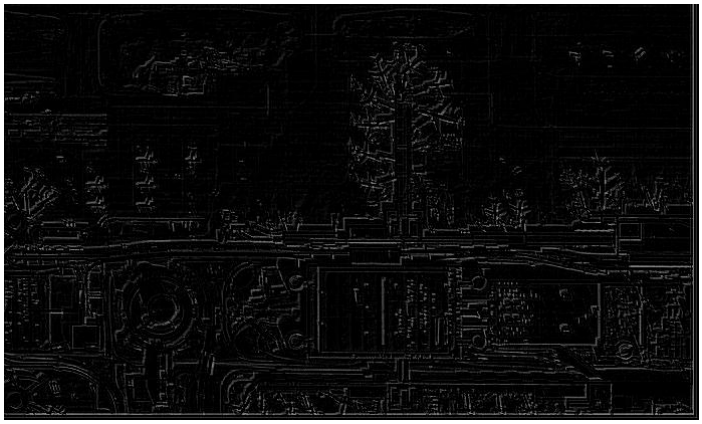


Рис. 5. Невязка с исходным изображением при деконволюции с моделированием сингулярностей
Fig. 5. The discrepancy with the original image by deconvolution with the modeling of singularities

Рис. 6. Невязка с исходным изображением при деконволюции с регуляризацией методом замены нулевого отсчета в спектре –знаменателе при синтезе частотно-контрастной характеристики на значение 0,01
Fig. 6. The discrepancy with the original image at the deconvolution with regularization by replacing the zero point in the spectrum - denominator the synthesis of frequency-contrast characteristics to the value of 0,01

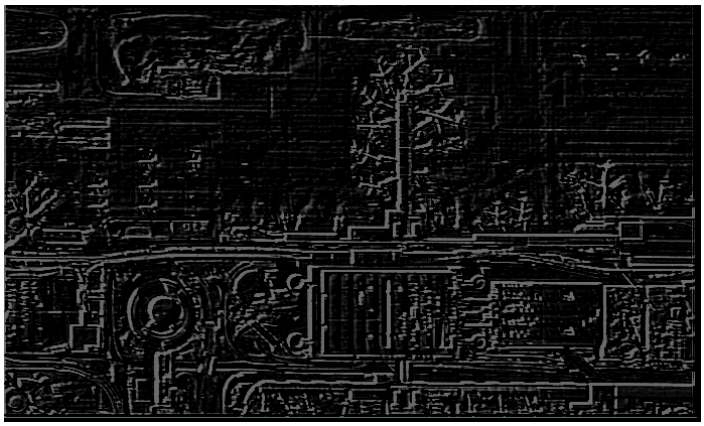


Рис. 7. Невязка с исходным изображением при деконволюции с регуляризацией методом замены нулевого отсчета в спектре –знаменателе при синтезе частотно-контрастной характеристики на значение 0,1
Fig. 7. The discrepancy with the original image at the deconvolution with regularization by replacing the zero point in the spectrum - denominator the synthesis of frequency-contrast characteristics to the value of 0.1

Легко видеть, что невязка на предлагаемой в работе технологии деконволюции минимальна, а невязки при использовании регуляризации достаточно высоки и невязка при ослаблении степени регуляризации (на значении регуляризующего параметра 0,01) хотя и меньше по суммарной энергии

невязки на увеличенном значении параметра регуляризации, по структуре насыщена высокочастотными псевдослучайными всплесками, что отмечается во всех литературных источниках и свидетельствует о неустойчивости получаемых решений.

Упомянутая выше и использованная схема регуляризации имеет широкое распространение в соответствующих работах по коррекции космических изображений: в работах [11,12], например, в качестве «блокирующих» нули в знаменателях выражений с участием спектров используются регуляризационные функции, предназначенные на первый взгляд для компенсации спектров шумов.

Заключение

Разработан метод корректировки результатов функционирования итеративного интегрального оператора деконволюции исходного изображения с отказом от приводящим к квазирешениям регуляризаций имеющих место сингулярностей в синтезируемой ЧКХ тракта, в промежуточных вычислениях и в итоговой формуле коррекции резкости Ван Циттера. Методом обратных преобразований результатов деконволюции показано, что полученные результаты , даже на конечной модели применяемых в качестве моделей сингулярностей показывают существенно меньшее уклонение от исходных избражений, и могут претендовать на использование в перспективных системах сверхразрешения на дальных орбитах (причем без мощных аппаратных нагромождений в виде многосекционных оптико-электронных приборов с управлением ориентациями фокусных осей в зависимости от отклонений орбитальных параметров аппарата от запрограммированных).

Благодарности

Автор приносит благодарность коллективу Департамента МКА и спутниковых систем ФГУП «Государственный Космический Научно Производственный Центр им. М.В. Хруничева» за поддержку материалами дистанционного зондирования и активное участие в обсуждении и исследовании вопросов улучшения качества космических изображений, в том числе на современных эксплуатируемых космических аппаратах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-07-00171 "Разработка теоретических основ методов моделирования и алгоритмов представления в обобщенных операциях трактов преобразования дистанционных данных с максимизацией эффективности обработки информации (цифровых космических изображений)".

Список литературы
References

1. Park S. C., Park M. K., Kang M. G. 2003. Super-resolution image reconstruction: A technical overview. IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 20(3): 21–36.

Park S. C., Park M. K., Kang M. G. 2003. Super-resolution image reconstruction: A technical overview. IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 20(3): 21–36.

2. Жиленев М.Ю., Маторин С.И., Винтаев В.Н., Ушакова Н.Н., Щербинина Н.В. 2014. Специальная коррекция космических изображений высокого и сверхвысокого разрешения. Презентация доклада на Двенадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» 10–14 ноября 2014 г. Москва, Институт космических исследований РАН. URL: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/presentation/2014/method/zhilenev.pdf3 (14 ноября 2014).

Zhilenev M.Ju., Matorin S.I., Vintaev V.N., Ushakova N.N., Shherbinina N.V. 2014. Special'naja korrekcija kosmicheskih izobrazhenij vysokogo i sverhvysokogo razreshenija. Prezentacija doklada na Dvenadcatoj Vserossijskoj otkrytoj konferencii «Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa» 10–14 nojabrja 2014 g. Moskva, Institut kosmicheskih issledovanij RAN. URL: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/presentation/2014/method/zhilenev.pdf (accessed 18 February 2013).

3. Константинов И.С., Щербинина Н.В., Жиленев М.Ю., Винтаев В.Н., Ушакова Н.Н. Адаптивная коррекция процесса восстановления резкости космических изображений высокого разрешения. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. - 2014. - № 8 (179). – Вып. 30/1. – С. 189–199.

Konstantinov I.S., Shherbinina N.V., Zhilenev M.Ju., Vintaev V.N., Ushakova N.N. Adaptivnaja korrekcija processa vosstanovlenija rezkosti kosmicheskih izobrazhenij vysokogo razreshenija. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. - 2014. - № 8 (179). – Vyp. 30/1. – S. 189–199.

4. Константинов И.С., Щербинина Н.В., Жиленев М.Ю., Винтаев В.Н., Ушакова Н.Н. Специальная коррекция в процедурах регуляризации и итеративных процессах уменьшения размеров пятна функции рассеяния точки на космических изображениях. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. - 2014. - № 15 (186). – Вып. 31/1. – С. 166–175.

Konstantinov I.S., Shherbinina N.V., Zhilenev M.Ju., Vintaev V.N., Ushakova N.N. Special'naja korrekcija v procedurah reguljarizacii i iterativnyh processah umen'shenija razmerov pjatna funkcii rassejanija tochki na kosmicheskih izobrazhenijah. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. - 2014. - № 15 (186). – Vyp. 30/1. – S. 166–175.

5. Винтаев В.Н., Жиленев М.Ю., Маторин С.И., Ушакова Н.Н., Щербинина Н.В. 2014. Адаптивное восстановление резкости на цифровых космических изображениях. Журнал РАН «Информационные технологии и вычислительные системы», №4:33–43.

Vintaev V.N., Zhilenev M.Ju., Matorin S.I., Ushakova N.N., Shherbinina N.V. 2014. Adaptivnoe vosstanovlenie rezkosti na cifrovyh kosmicheskih izobrazhenijah. Zhurnal RAN «Informacionnye tehnologii i vychislitel'nye sistemy», №4:33–43.

6. Цибанов В.Н. 2008. Регуляризирующие методы фильтрации и восстановления изображений. Дисс. на соискание ученой степени канд. физ.мат. наук. Москва, 113 с.

Cibanov V.N. 2008. Reguljarizirujushhie metody fil'tracii i vosstanovlenija izobrazhenij. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni kand. fiz.mat. nauk. Moskva, 113 s.

7. Владимиров В.С. 1967. Уравнения математической физики. М., Наука, 436.

Vladimirov V.S. 1967. Uravnenija matematicheskoj fiziki. M., Nauka, 436.

8. Коллатц Л. 1969. Функциональный анализ и вычислительная математика. Пер с нем. М.,Мир, 447.

Kollatc L. 1969. Funkcional'nyj analiz i vychislitel'naja matematika. Per s nem. M.,Mir, 447.

9. Морен К. 1965. Методы Гильбертова пространства. Пер с польск. М.,Мир, 570.

Moren K. 1965. Metody Gil'bertova prostranstva. Per s pol'sk. M.,Mir, 570.

10. Ушакова Н.Н. 2004. Коррекция цифровых космических изображений на основе верифицирующего моделирования. Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Белгород, 255 с.

Ushakova N.N. 2004. Korrekcija cifrovyh kosmicheskih izobrazhenij na osnove verificirujushhego modelirovanija. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehn. nauk. Belgorod, 255 s.

11. Остриков В. Н. 2012. Оценка функции рассеяния точки на произвольном снимке посредством слепого восстановления. В кн.: Техническое зрение в системах управления 2011. Материалы научно-технической конференции (Москва, 15-17 марта 2011 г.). Москва, Изд-во Института космических исследований РАН: т. 38: 16-21.

Ostrikov V. N. 2012. Ocenka funkcii rassejanija tochki na proizvol'nom snimke posredstvom slepogo vosstanovlenija. V kn.: Tehnicheskoe zrenie v sistemah upravlenija 2011. Materialy nauchno-tehnicheskoj konferencii (Moskva, 15-17 marta 2011 g.). Moskva, Izd-vo Instituta kosmicheskih issledovanij RAN: t. 38: 16-21.

12. Кочанов А.А., Обухов А.Г., Просовецкий Д.В. 2010. Методы восстановления изображений и распознавание образов в радиоастрономии. Солнечно-земная физика, №16:154–161.

Kochanov A.A., Obuhov A.G., Prosoveckij D.V. 2010. Metody vosstanovlenija izobrazhenij i raspoznavanie obrazov v radioastronomii. Solnechno-zemnaja fizika, №16:154–161.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Антошкина В.В. – аспирант Кубанского государственного университета, г. Краснодар

Асадуллаев Р.Г. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Бабешко В.Н – кандидат технических наук, доцент, ведущий консультант Компании IBS, доцент НИТУ «МИСиС», г. Москва

Белов А.С. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Белов С.П. – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Болгова Е.В. – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Буханцов А.Д. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Васильев П. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Васильева Е.Е. – старший преподаватель кафедры экономики и финансов Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь

Веретенников А.И. – аспирант Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Винтаев В.Н. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Белгород

Владыка М.В. – доктор экономических наук, директор института экономики Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Воробьев А.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры приема, передачи и обработки сигналов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков, Украина

Гребеник А.Г. – инженер Управления информатизации и коммуникаций БГТУ им. В.Г.Шухова, г. Белгород

Дахова М.Н. – PhD, старший преподаватель кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Девицына С.Н. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Долгова Е.В. – доктор экономических наук, профессор кафедры информационных технологий и автоматизированных систем Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь

Евтушенко М.А. – магистрант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Жиляков Е.Г. – доктор технических наук, профессор, почётный работник высшего профессионального образования РФ, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, руководитель УНИК «Информационно-коммуникационные системы и технологии» Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Зайцева Т.В. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Зряхов М.С. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры приема, передачи и обработки сигналов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков, Украина

Игрунова С.В. – кандидат социологических наук, доцент кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Киселёв Ю.И. – студент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Кисиленко А.В. – старший преподаватель кафедры социологии и организации работы с молодежью Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Колосков С.С. – младший консультант Компании IBS, г. Москва

Колчинская Е.Э. – кандидат экономических наук, старший преподаватель Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург

Константинов И. С. – доктор технических наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, директор института инженерных технологий и естественных наук Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Кошлич Ю.А. – ведущий инженер Управления информатизации и коммуникаций БГТУ им. В.Г.Шухова, г. Белгород

Кравчук А.С. – старший преподаватель кафедры приема, передачи и обработки сигналов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков, Украина

Крупко А.Э. – кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии и регионоведения Воронежского государственного университета, г. Воронеж

Курлов А.В. – ст. преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Лазарев С.А. – кандидат экономических наук, заместитель директора по научной и инновационной деятельности института инженерных технологий и естественных наук Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Лифиренко М.А. – кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Лихолоб П.Г. – ассистент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Ломакин В.В. – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Ломовцева О.А. – доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Машкова А.Л. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем Приокского государственного университета, г. Орел

Михелев В.М. – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Мокропуло А.А. – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита Южного института менеджмента, г. Краснодар

Нестерова Е.В. – ст. преподаватель кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Нехотина В.С. – кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Белгород

Оборин М.С. – кандидат географических наук, доцент кафедры экономического анализа и статистики Пермского института (филиала) Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, г. Пермь

Оганесян Л.Л. – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, маркетинга и предпринимательства Южного института менеджмента, г. Краснодар

Оганесян Т.Л. – кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар

Парфенова Е.Н. – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Петров Д.В. – ассистент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Петрушко Е.Н. – кандидат экономических наук, доцент кафедры социальных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, главный государственный таможенный инспектор отдела государственной службы и кадров Белгородской таможни, г. Белгород

Польщиков К.А. – кандидат технических наук, доцент, помощник проректора по научной и инновационной деятельности Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Проскочило А.В. – аспирант кафедры приема, передачи и обработки сигналов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков, Украина

Прядко С.Н. – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Пусная О.П. – ст. преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Путивцева Н.П. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Растворцева С.Н. – доктор экономических наук, профессор кафедры мировой экономики Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Рачинский С.А. – аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Савина О.А. – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой информационных систем Приокского государственного университета, г. Орел

Савченко В.С. – магистрант Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики, г. Санкт-Петербург

Самочадин А.В. – кандидат технических наук, доцент, профессор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург

Сергеева Ю.И. – младший научный сотрудник Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Сидоренко И.А. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Тхориков Б.А. – кандидат социологических наук, доцент, и.о. зав. кафедрой менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Урсол Д.В. – кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Фоменко Е.В. – кандидат географических наук, доцент Кубанского социально-экономического института, г. Краснодар

Черноморец А.А. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Чугунова Н.В. – кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород

Шкилёв В.В. – кандидат социологических наук, доцент кафедры социальных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, главный государственный таможенный инспектор отдела таможенного оформления и таможенного контроля таможенного поста многостороннего автомобильного пункта пропуска Нехотеевка Белгородской таможни, г. Белгород