

№ 9(64) 2009  
Выпуск 11/1

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

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**

**Учредитель:**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Белгородский государственный университет»

**Издатель:**

Белгородский государственный  
университет.

Издательство БелГУ

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору за соблюдением  
законодательства

в сфере массовых коммуникаций  
и охраны культурного наследия

Свидетельство о регистрации средства массовой  
информации ПИ № ФС 77-21121 от 19 мая 2005 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

**Дятченко Л.Я.**

ректор Белгородского государственного  
университета, доктор социологических наук,  
профессор

Зам. главного редактора

**Давыденко Т.М.**

проректор по научной работе Белгородского  
государственного университета, доктор  
педагогических наук, профессор

Ответственный секретарь

**Московкин В.М.**

заместитель по инновационной  
деятельности проректора по научной  
работе Белгородского государственного  
университета, доктор географических наук,  
профессор кафедры мировой экономики

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Председатель редколлегии

**Дятченко Л.Я.**

ректор Белгородского государственного  
университета, доктор социологических наук,  
профессор

Главный редактор

**Шапвалов В.А.**

доктор исторических наук, профессор  
(Белгородский государственный университет)

Заместители главного редактора

**Жильков Е.Г.**

доктор технических наук, профессор  
(Белгородский государственный университет)

**Ломовцева О.А.**

доктор экономических наук, профессор  
(Белгородский государственный университет)

**Шатохин И.Т.**

кандидат исторических наук, доцент  
(Белгородский государственный университет)

**Шилов В.Н.**

доктор философских наук, профессор  
(Белгородский государственный университет)

Ответственный секретарь

**Василенко В.В.**

кандидат исторических наук  
(Белгородский государственный университет)

## НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

История Политология Экономика  
Информатика

Belgorod State University

Scientific Bulletin

History Political science Economics  
Information technologies

### СОДЕРЖАНИЕ

#### РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

Государственно-частное партнерство как фактор повышения  
эффективности муниципального управления. **О.А. Ломовцева,**  
**А.И. Мордвинцев 5**

Факторы развития инновационной деятельности в регионе.

**Л.В. Усатова, Т.А. Шаповалова 11**

Региональные аспекты целевой организации процессов управления  
в системе потребительской кооперации. **М.В. Селюков 17**

Кластерный подход к организации развития муниципального обра-  
зования. **Ф.И. Воронин 24**

#### ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

Интегральная оценка коммерческого потенциала результатов на-  
учно-технической деятельности на основе методологии анализа  
иерархических структур. **В.А. Калугин 30**

К вопросу о формировании инвестиционной политики в экономи-  
ческой системе. **В.Н. Ходыревская, И.В. Припадчева 38**

Логистический подход к управлению инновационным развитием  
региональной экономики. **О.А. Чернова 41**

#### РЫНОК ТРУДА И ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ

Характеристика емкости мегарегиональных рынков академическо-  
го образования. **И.А. Дудина 48**

Рынок труда и его особенности в переходной экономике.

**И.А. Ашмаров 57**

#### ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Менеджмент в экономических системах предприятий

по реализации мебели. **В.М. Бугаков 65**

Зарубежный опыт регулирования деятельности естественных  
монополий. **Е.В. Коробцов 71**

Эволюция стратегического маркетинга: теория и практика.

**Э.С. Чачашили 76**

Реализация национального проекта «Развитие АПК»

на предприятиях молочного скотоводства Воронежской области.

**Т.В. Савченко, Е.Д. Бровченко 82**

#### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Нейросетевое моделирование систем управления.

**В.И. Капалин, И.В. Витохин, Нгуен Дун Чинь,**

**Нгуен Нгок Хуэ 87**

Метод экстраполяции речевых сигналов на основе частотных  
представлений. **Е.Г. Жильков, А.А. Черноморец,**

**В.А. Голощанова 93**

#### Члены редколлегии

**Абрамзон М.Г.**, доктор исторических наук, профессор (Магнитогорский государственный университет)

**Амоша А.И.**, доктор экономических наук, профессор, академик НАН Украины (Институт экономики промышленности НАН Украины, г. Донецк)

**Болгов Н.Н.**, доктор исторических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Глухова А.В.**, доктор политических наук, профессор (Воронежский государственный университет)

**Давнис В.В.**, доктор экономических наук, профессор (Воронежский государственный университет)

**Дмитренко В.Д.**, доктор технических наук, профессор (Харьковский национальный технический университет «ХПИ»)

**Каталин В.И.**, доктор технических наук, профессор (Московский государственный институт электроники и математики (технический университет))

**Корсунов Н.И.**, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

**Литовка О.П.**, доктор географических наук, профессор (Институт проблем региональной экономики РАН, г. Санкт-Петербург)

**Лобанов К.Н.**, доктор политических наук, доцент (Белгородский юридический институт МВД России)

**Лялин В.Е.**, доктор экономических наук, профессор (Ижевский государственный технический университет)

**Маторин С.И.**, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Матророва Л.Н.**, доктор экономических наук, профессор (Луганский национальный педагогический университет им. Т. Шевченко)

**Молев Е.А.**, доктор исторических наук, профессор (Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

**Нустратуллин В.К.**, доктор экономических наук, профессор (Башкирский государственный аграрный университет)

**Посохов С.И.**, доктор исторических наук, профессор (Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина)

**Пушкарева И.М.**, доктор исторических наук, старший научный сотрудник (Институт российской истории Российской академии наук)

**Рубанов В.Г.**, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

**Флигинских Т.Н.**, доктор экономических наук, профессор (Белгородский государственный университет)

**Шихвердиев А.П.**, доктор экономических наук, профессор (Сыктывкарский государственный университет)

**Щагин Э.М.**, доктор исторических наук, профессор (Московский государственный педагогический университет)

Оригинал-макет *В.В. Василенко, Н.А. Гапоненко*  
E-mail: vasilenko\_v@bsu.edu.ru  
Подписано в печать 07.09.2009

Формат 60×84/8  
Гарнитура Georgia, Impact  
Усл. п. л. 25,57  
Тираж 1000 экз.  
Заказ 234

Подписные индексы в каталоге агентства  
«Роспечать» – 18078,  
в объединенном каталоге  
«Пресса России» – 39723

Оригинал-макет тиражирован  
в издательстве Белгородского государственного  
университета  
Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

О вычислении оценок производных высшего порядка по эмпирическим данным. **Н.С. Титова 103**  
Подход к решению фундаментальных проблем моделей вычислений на примере многоэлементных автоматов.

**В.Е. Хачатрян, Я.Г. Великая 108**

Об оптимизации процедур сжатия речевых данных.

**И.И. Чижов, Т.Н. Созонова, И.В. Деев 112**

О верификации конечных параметризованных моделей распределенных программ. **П.Е. Бульчев, В.А. Захаров 116**

Обработка космических изображений на основе частотных представлений. **А.Ю. Лихошерстный 124**

Сравнение базисных векторов для представления функций. **С.В. Туяков 131**

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ**

Мобильные информационные технологии в сфере государственного регистрационного обслуживания населения.

**М.А. Колесников, О.Н. Кривошеев, С.М. Чудинов, А.П. Игнатьев 138**

Теория проектирования нечетких сетевых экспертных систем для управления медико-экологической безопасностью.

**Н.А. Корневский, С.А. Филист, А.Б. Красковский, В.И. Афанасьев 146**

Сужение множества Парето на основе взаимно зависимой информации с использованием нелинейных функций.

**О.Н. Климова 152**

Об использовании генетических алгоритмов и распараллеливания вычислений для оптимизации заказов предприятия.

**В.В. Муромцев, А.А. Слободюк 160**

Формализация моделей процессов на основе

ПИ-исчисления. **С.И. Маторин, М.В. Михелев 165**

Оптимизация накопительных фондов по двум критериям.

**М.Ф. Тубольцев 170**

Семантические аспекты обработки речевых данных.

**С.И. Маторин, А.Г. Жихарев 176**

Способы интеллектуальной поддержки принятия решения кредитования физических лиц. **О.П. Пусная 184**

Применение метода парных сравнений для анализа учебных

планов с использованием модели профессиональных

ИКТ-компетенций. **С.В. Игрунова, С.Н. Девецына,**

**Н.П. Путищева 186**

## **ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Алгоритмы оценки мгновенной частоты в беспроводных сетях датчиков. **А.М. Логвинов, Ю.Е. Поленова,**

**М.Г. Травин 190**

Агентное моделирование трафика телекоммуникационной компании. **И.А. Сидоренко, И.В. Солдатов 197**

Инфокоммуникационные технологии в автоматизированных

системах управления. **О.П. Малофеев, И.И. Акимов,**

**В.В. Радионов 205**

**Сведения об авторах 210**

**Информация для авторов 214**

№ 9(64) 2009  
Issue 11/1

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

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.

**Founder:**

State educational establishment of higher professional education  
"Belgorod State University"

**Publisher:**

Belgorod State University  
BSU Publishing house

The journal is registered in Federal service of control over law compliance in the sphere of mass media and protection of cultural heritage

Certificate of registration of mass media  
ИИ № ФС 77-21121 May 19, 2005.

**Editorial board of journal**

Editor-in-chief:

**L.J. Djatchenko**

Rector of Belgorod State University, doctor of sociological sciences, professor

Deputy editor-in-chief:

**T.M. Davydenko**

Vice-rector for scientific research of Belgorod state university, doctor of pedagogical sciences, professor

Assistant Editor:

**V.M. Moskovkin**

Doctor of geographical sciences, professor of world economy department

**Editorial board of journal series**

Chairman of editorial series:

**L.J. Djatchenko**

Rector of Belgorod State University, doctor of sociological sciences, professor

Editor-in-chief:

**V.A. Shapovalov**

Doctor of historical sciences, Professor (Belgorod State University)

Deputies of editor-in-chief:

**E.G. Zhilyakov**

Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State University)

**O.A. Lomovtseva**

Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State University)

**I.T. Shatohin**

Candidate of historical sciences, Associate professor (Belgorod State University)

**V.N. Shilov**

Doctor of philosophical sciences, Professor (Belgorod State University)

Editorial assistant:

**V.V. Vasilenko**

Candidate of historical sciences (Belgorod State University)

Members of editorial board:

**M.G. Abramzon**, Doctor of historical sciences, Professor (Magnitogorsk State University)

Belgorod State University  
Scientific Bulletin  
History Political science Economics  
Information technologies

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БелГУ

История Политология Экономика  
Информатика

CONTENTS

REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

State-private partnership as a factor of efficiency increase of municipal management. **O.A. Lomovtseva, A.I. Mordvintsev 5**

Factors of development of innovative activity. **L.V. Usatova, T.A. Shapovalova 11**

Regional aspects of target organization of managerial process in consumers' co-operative society system. **M.V. Selykov 17**

Cluster approach to the organization of the municipal formation development. **F.I. Voronin 24**

INVESTMENTS AND INNOVATIONS

Integrated estimation of commercial potential of result of scientific and technical activity based on analytic hierarchy process. **V.A. Kalugin 30**

To question of investment policy formation in economic system. **V.N. Hodyrevskaya, I.V. Pripadcheva 38**

Logistical approach to management of innovative development of regional economy. **O.A. Chernova 41**

LABOUR MARKET AND EDUCATION ECONOMY

Capacity characteristics of the mega-regional academic markets.

**I.A. Dudina 48**

Labour market and its peculiarities in transitional economy.

**I.A. Ashmarov 57**

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

Management in economic systems of furniture-saling.

**V.M. Bugakov 65**

International experience of regulation activities of natural monopolies. **E.V. Korobtsov 71**

Evolution of strategic marketing: theory and practice.

**E.S. Chachashvily 76**

Realization of the national project «Aic development at the dairy cattle-breeding enterprises of Voronezh region».

**T.V. Savchenko, E.D. Brovchenko 82**

COMPUTER SIMULATION HISTORY

Neural network simulation of control systems. **V.I. Kapalin,**

**I.V. Vitohin, Nguyen Duy Chin, Nguyen Ngoc Hue 87**

Speech signal extrapolation method on the basis of frequency representations. **E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomoretz,**

**V.A. Goloschapova 93**

**A.I. Amosha**, Doctor of economical sciences, Professor, Academician of Ukrainian National Academy of Sciences (Institute of Economy of Industry of Ukrainian National Academy of Sciences, Donetsk)

**N.N. Bolgov**, Doctor of historical sciences, Professor (Belgorod State University)

**A.V. Glukhova**, Doctor of political sciences, Professor (Voronezh State University)

**V.V. Davnis**, Doctor of economical sciences, Professor (Voronezh State University)

**V.D. Dmitrenko**, Doctor of technical sciences, Professor (Kharkov National Technical 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 Technological University named after V.G. Shuhov)

**O.P. Litovka**, Doctor of geographical sciences, Professor (Institute of regional economy problems of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg)

**K.N. Lobanov**, Doctor of political sciences, Associate professor (Belgorod Juridical Institute of Ministry of Home Affairs of Russian Federation)

**V. E. Lyalin**, Doctor of economical sciences, Professor (Izhevsk State Technical University)

**S.I. Matorin**, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State University)

**L.N. Matrosova**, Doctor of economical sciences, Professor (Lugansk National Pedagogical University named after T. Shevchenko)

**E.A. Molev**, Doctor of historical sciences, Professor (Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevskiy)

**V.K. Nustratullin**, Doctor of economical sciences, Professor (Bashkiria State Agrarian University)

**S.I. Posokhov**, Doctor of historical sciences, Professor (Kharkov National University named after V.N. Karazin, Ukraine)

**I.M. Pushkareva**, Doctor of historical sciences, Senior scientific worker (Institute of Russian History of Russian Academy of Sciences)

**V.G. Rubanov**, Honoured Science Worker of Russian federation, Doctor of technical sciences, Professor (Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov)

**T.N. Fliginikh**, Doctor of economical sciences, Professor (Belgorod State University)

**A.P. Shihverdiev**, Doctor of economical sciences, Professor (Syktyvkar State University)

**E.M. Shagin**, Doctor of historical sciences, Professor (Moscow State Pedagogical University)

Dummy layout by V.V. Vasilenko,  
N.A. Gaponenko  
e-mail: vasilenko\_v@bsu.edu.ru

Passed for printing 07.09.2009  
Format 60×84/8  
Typeface Georgia, Impact  
Printer's sheets 25,57  
Circulation 1000 copies  
Order 234

Subscription reference  
in Rospechat' agency catalogue – 18078,  
In joint catalogue Pressa Rossii – 39723

Dummy layout is replicated at Belgorod  
State University Publishing House  
Address: 85, Pobedy str., Belgorod, Russia, 308015

About calculation of estimations of derivatives of the higher order under the empirical data. **N.S. Titova 103**

The approach to the decision of fundamental problems of models of calculations on an example of multitape automatic devices.

**V.E. Khachatryan, Y.G. Velikaya 108**

The comparison of the modern methods of speech compression.

**I.I. Chizhov, T.N. Sozonova, I.V. Deev 112**

On the verification of finite state parameterized models of distributed programs. **P.E. Bulychev, V.A. Zakharov 116**

Processing of space images on the basis of frequency representations.

**A.U. Likhosherstnyy 124**

Comparison of basis vectors for representation of functions.

**S.V. Tuyakov 131**

## SYSTEM ANALYSIS AND MANAGEMENT

Efficiency of introduction of mobile hardware-software information technologies in sphere of state registration service of the population.

**M.A. Kolesnikov, O.N. Krivosheev, S.M. Chudinov, A.P. Ignatiev 138**

The theory of designing of indistinct network expert systems

for management of mediko-ecological safety. **N.A. Korenevsky, S.A. Filist, A.B. Kraskovsky, V.I. Afanasyev 146**

The pareto set reduction based on mutually dependent information and with using of nonlinear functions. **O.N. Klimova 152**

About usage of genetic algorithms and parallel calculations for optimisation of orders of the enterprise. **V.V. Muromtsev, A.A. Slobodyuk 160**

Formalization models of processes on the basis of pi-calculation.

**S.I. Matorin, M.V. MiKhelev 165**

Optimization of accumulative funds by two criteria.

**M.F. Tuboltsev 170**

Semantic aspects of processing of the speech data. **S.I. Matorin, A.G. Zhikharev 176**

Ways of intellectual support of decision-making of crediting of physical persons. **O.P. Pusnaya 184**

The application of the method of pair comparisons for the analysis of curricula with the use of the model of professional ICT-competencies.

**S.V. Igrunova, S.N. Devitsyna, N.P. Putivzeva 186**

## INFORMATION TECHNOLOGIES AND TELECOMMUNICATION

Algorithms for estimating instantaneous frequency in wireless sensor networks. **A.M. Logvinov, Y.E. Polenova, M.G. Travin 190**

Agent based modeling of the traffic to telecommunication company.

**I.A. Sidorenko, I.V. Soldatov 197**

Infocommunication technologies in automated control systems.

**O.P. Malofei, I.I. Acimov, V.V. Radionov 205**

**Information about Authors 210**

**Information for Authors 214**

---

---

# РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

---

---

УДК 338.26

## ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУНИЦИПАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

**О.А. ЛОМОВЦЕВА<sup>1)</sup>**  
**А.И. МОРДВИНЦЕВ<sup>2)</sup>**

*<sup>1)</sup> Белгородский государственный университет*

*e-mail: lomovceva@bsu.edu.ru*

*<sup>2)</sup> Волгоградская городская Дума*

*e-mail: gs\_priem3@volgadmin.ru*

В статье рассмотрены вопросы развития форм и методов государственно-частного партнерства с участием муниципального публичного уровня власти, который наиболее тесно связан с общественностью и конкретными гражданами. Спектр возможных моделей и глубины партнерства зависит от стадии зрелости механизма ГЧП, достигнутой в конкретной стране под влиянием качества институциональной среды и социально-экономических потребностей отдельных территорий. Для условий России, преодолевающей этап формирования рамочных условий, есть ряд примеров. В частности, создание Совета директоров предприятий крупного города, который занимается урегулированием интересов бизнеса, власти и местного населения при реализации муниципальной промышленной политики.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство (ГЧП), муниципальные власти, муниципальное управление, муниципальная промышленная политика, Совет директоров Волгограда, институты ГЧП, институциональная среда бизнеса, функции, цели и задачи Совета директоров.

---

---

Различные уровни власти взаимодействуют не только между собой, но и с бизнес-сообществом, с формирующимися структурами гражданского общества. Подобные отношения, получившие название государственно-частного партнерства (ГЧП), включают в том числе и муниципальный публичный уровень власти, который не является государственным, но наиболее тесно связан с общественностью и конкретными гражданами.

В российской практике сложилось неравенство муниципальных образований по показателям демографической структуры населения, геостратегическому положению, доходной базе и другим показателям. Существуют крупные и малые муниципальные образования, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками в контексте применения ГЧП.



Таблица 1

**Преимущества и недостатки крупных и малых муниципалитетов  
для развития партнерства власти и бизнеса**

Преимущества	Недостатки
<b>Малый муниципалитет</b>	
Муниципальная администрация и население ближе друг к другу	Экономические ресурсы недостаточны
Политические руководители хорошо известны и влиятельны	Не хватает специалистов в специализированных сферах деятельности муниципалитета
Нужды и запросы населения хорошо очевидны	Большой риск появления избыточных муниципальных служб и услуг по отношению к численности населения
	Низкий уровень ассортимента и качества общественных услуг
Для населения облегчено принятие участия в управлении муниципалитетом	Малый диапазон задач
<b>Крупный муниципалитет</b>	
Возможны крупномасштабные и экономически рациональные решения	Потеря связи с нуждами и потребностями населения
Имеется существенная финансовая база	
Муниципальный персонал имеет более широкую квалификацию	Возрастает влияние муниципального персонала, сделок с заинтересованностью
Муниципальная территория имеет географическое пространство для развития	Высокая зависимость от развитости транспортной и дорожной инфраструктуры

Текущая ситуация экономического кризиса как никогда требует масштабного развития ГЧП в широком смысле, на всех уровнях, во всех сферах экономики и общественной жизни, поскольку сохраняет доминирование государственного контроля и инициатив при значительной самостоятельности бизнеса в решении насущных задач, имеющих как общегосударственное значение, так и локальное, в масштабах небольших проектов, значимых для муниципалитетов и их жителей.

Для развития ГЧП в России созданы определенные условия организационно-правового (ГЧП-центры в ряде федеральных министерств, регионов и организаций, ФЗ № 115-ФЗ «О концессионных соглашениях») и финансово-инвестиционного (концессионные конкурсы, схемы доверительного управления, долгосрочной аренды, закупок, инновационных исследований, оказания услуг) характера. Это уже позволило реализовать ряд крупных проектов национального масштаба в гг. Москва и Санкт-Петербург. Для того, чтобы дать толчок к развитию ГЧП на уровне регионов и муниципалитетов, необходимо развитие эффективных институтов взаимодействия власти, бизнеса и общества, совершенствование системы регулирования и поддержки ГЧП.

В качестве стратегических направлений использования механизмов ГЧП в реализации инфраструктурных проектов выделены транспорт, энергетика, связь, ЖКХ и инновации, а в социальной сфере – образование, здравоохранение и комплексная система социальной защиты людей. При этом ГЧП следует рассматривать в большей степени как инструмент повышения эффективности реализации проектов, чем как способ привлечения бюджетных средств. Реализуя комплексное проектное финансирование инфраструктурных объектов в рамках ГЧП, государство перекладывает функции управления принадлежащей ему собственностью на частный сектор, который, пользуясь государственными активами и гарантиями, привносит в производство организационный опыт, знания, ноу-хау, осуществляет инвестиции, минимизирует риски предпринимательской деятельности.

Спектр возможных моделей и глубины партнерства при этом весьма разнообразен. Он зависит от стадии зрелости механизма ГЧП, достигнутой в конкретной

стране под влиянием качества институциональной среды и социально-экономических потребностей отдельных территорий<sup>1</sup>.

Стадия формирования рамочных условий использования ГЧП предусматривает разработку приоритетов политики и нормативно-правовой базы. На этой стадии инициатором реализации проектов выступает государственный сектор, создаются органы управления проектами ГЧП, формируется механизм конкурсного отбора проектов и рынков проектов.

В зарубежной практике, согласно исследованиям консалтинговой компании Deloitte<sup>2</sup>, стадия формирования характерна для экономик таких стран, как Китай, Индия, Словакия, Латвия, Россия – менее активных в использовании ГЧП, а также ЮАР, Финляндия, Бразилия, Бельгия, Мексика – более активных.

Вторая стадия – появление «гибридных» форм ГЧП. Финансирование со стороны государственного сектора осуществляется несколькими бюджетными уровнями. Происходит развитие рынка проектов ГЧП, создаются специализированные подразделения в отраслевых органах власти, к реализации проектов привлекаются институты финансового рынка. Расширяется сфера применения ГЧП и увеличивается количество проектов, использование ГЧП в сфере услуг обуславливает появление инноваций и повышение качества предоставляемых услуг.

Подобная стадия зрелости характерна для таких стран, как Нидерланды, Италия, Новая Зеландия, Греция, Португалия – менее активные в использовании ГЧП, а также Испания, Франция, Канада, США, Япония, Германия – более активные.

На третьей стадии происходит усовершенствование используемых форм ГЧП и создаются комплексные программы, в которых ведущим партнером и инициатором проектов выступает уже частный сектор. Взаимодействие государственного и частного секторов характеризуется креативностью и гибкостью, усложняются схемы распределения рисков при реализации проектов. ГЧП начинает использоваться применительно ко всему жизненному циклу, а не для отдельных стадий проекта, расширяется круг игроков рынка ГЧП (пенсионные фонды, инвестиционные фонды). Для этой стадии характерна в полной мере передача управленческого опыта частного сектора государственному, что способствует повышению эффективности и конкурентоспособности органов власти. Характерным также является использование частным сектором для финансирования проектов в большей степени собственных средств, а структурно-организационные изменения в органах власти обеспечивают приоритет использования принципов ГЧП.

Данной стадии зрелости достигли национальные экономики Великобритании, Австралии, Ирландии.

В российской практике использования механизма ГЧП для развития отдельных отраслей и территорий преобладают масштабные общегосударственные проекты, предусматривающие софинансирование из федерального бюджета. У субъектов РФ появилась возможность получить бюджетные ассигнования Инвестиционного фонда РФ для реализации региональных инвестиционных проектов<sup>3</sup>, однако развитие мирового экономического кризиса внесло свои коррективы, и финансирование проектов не началось.

Отдельные субъекты РФ развивают региональный рынок ГЧП, самостоятельно разрабатывая нормативно-правовую базу и привлекая частный бизнес к сотрудничеству. В их числе и Волгоградская область, в которой приняты и утверждены планы

---

<sup>1</sup> Денисенко А.А., Ковешникова Е.В. Государственно-частное партнерство как институт развития территорий // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления: мат-лы междунаrod. науч.-практ. конф. Воронеж: ВГПУ, 2009. С. 246, 247.

<sup>2</sup> Там же. С. 244.

<sup>3</sup> Протокол заседания Правительственной комиссии от 25.12.2008 г. №12. – <http://www.minregion.ru/OpenFile.ashx/Download?AttachID-2137>.

мероприятий по развитию ГЧП<sup>4</sup>. Лидером же среди регионов по количеству и масштабности проектов является г. Санкт-Петербург.

Зарубежная практика показывает также тенденцию увеличения доли муниципальных проектов ГЧП. В России рынок муниципальных проектов практически отсутствует. Активизации этого процесса может способствовать создание соответствующей правовой базы. Существующая нормативно-правовая база федерального уровня, создающая рамочные условия для деятельности в той или иной сфере, не имеет системного характера, содержит множество пробелов и «белых пятен». Восполнить этот недостаток возможно за счет создания законодательных актов местного значения, позволяющих на временной основе стимулировать и регулировать инвестиционную деятельность, промышленную политику и пр.

Среди немногочисленных примеров в этой области можно привести работу Совета директоров промышленных предприятий г. Волгограда. Мы рассматриваем ГООПП (городская общественная организация промышленных предприятий) «Совет директоров Волгограда» как один из современных институтов государственно-частного партнерства, который выполняет силами ресурсов муниципальной власти и самих предприятий следующие основные функции<sup>5</sup>:

- транспарентность, информационная прозрачность деятельности предприятий, позволяющая консолидировать усилия для выстраивания и реализации совместных стратегий, программ, проектов в рамках единой муниципальной промышленной политики;

- устранение дублирования и передача успешного опыта в реализации процедур взаимодействия с органами власти и управления, с различными рыночными структурами и организациями при решении общих задач (использование земельных участков, антикризисные мероприятия, выход на новые рынки и пр.);

- вовлечение органов городской власти, общественных организаций, учебных и научных учреждений в оперативное решение конкретных социально-экономических и экологических проблем, общих для всех промышленных предприятий города.

Совет директоров является независимым объединением граждан и юридических лиц — общественных объединений, основанным на членстве и созданным на основе совместной деятельности для защиты общих интересов и достижения уставных целей объединившихся. Он осуществляет свою деятельность в соответствии с Конституцией Российской Федерации, федеральным законодательством, законодательством Волгоградской области и Уставом. В основу деятельности Совета директоров положены принципы законности, самоуправления, гласности, добровольности и равноправия его членов, добропорядочности и взаимопомощи в отношениях между членами.

Целями Совета директоров являются:

- объединение усилий граждан, руководителей предприятий, общественных объединений для достижения успехов в социально-экономическом развитии города Волгограда;

- всемерное и комплексное содействие развитию экономики города Волгограда, содействие её модернизации;

- содействие развитию и укреплению связей промышленников с институтами гражданского общества;

- привлечение внимания общественности, общественных организаций, деловых кругов, предприятий к проблемам промышленности, транспорта, строительства и других направлений деятельности.

---

<sup>4</sup> Распоряжение главы администрации Волгоградской области от 14.01.2008 №17-р «О плане действий по развитию государственно-частного партнерства в Волгоградской области на 2008-2010 годы».

<sup>5</sup> Устав ГООПП «Совет директоров Волгограда». Утвержден решением общего собрания учредителей. Протокол №1 от «15» января 2009 года.

Для достижения вышеуказанных целей Совет директоров решает следующие задачи:

- участвует в разработке принципов промышленной политики;
- участвует в общественной жизни региона, проводит и отстаивает интересы и позицию промышленников во взаимодействии с общественными организациями, союзами и ассоциациями, торгово-промышленными палатами и другими институтами гражданского общества;

- участвует в разработке основных направлений экономического и социального развития города Волгограда, оказывает содействие в реализации инвестиционных проектов, региональных и целевых программ выхода из кризиса, стабилизации и дальнейшего развития предприятий и организаций;

- содействует деловой активности, росту квалификации и профессионализма руководителей, повышению их престижа;

- участвует в пропаганде научно-технических и экономических достижений, распространении передового опыта управления предприятиями и организациями;

- организует выставки, конференции, консультации, семинары, курсы и другие формы передачи профессиональных знаний и опыта руководителей.

Правовой статус Совета директоров Волгограда позволяет ему:

- свободно распространять информацию о своей деятельности;
- проводить собрания, совещания, семинары и другие организационно-массовые мероприятия;

- представлять и защищать свои права, законные интересы своих членов в органах государственной власти, органах местного самоуправления и общественных объединениях;

- выступать с инициативами по вопросам социально-экономической и общественной жизни, имеющим отношение к реализации уставных целей, вносить предложения в органы государственной власти и органы местного самоуправления;

- участвовать в выработке решений органов государственной власти и местного самоуправления в порядке и объеме, предусмотренными законом, в рамках уставных целей и задач;

- формировать консолидированную позицию бизнес-сообщества на основе обобщения предложений членов Совета директоров по наиболее важным вопросам экономического и социального развития;

- проводить общественную экспертизу проектов нормативных актов, планов и программ социально-экономического развития города Волгограда, целевых региональных программ, имеющих отношение к промышленности, и осуществлять общественный контроль за их выполнением;

- осуществлять общественный контроль за соблюдением законных прав и интересов промышленников, обеспечением условий добросовестной конкуренции, формировать механизмы реализации норм корпоративной и деловой этики.

В заключении необходимо сделать вывод о том, что государственно-частное партнерство в различных его формах следует рассматривать не только как условие развития бизнеса в современных условиях, но и как фактор повышения эффективности муниципального управления. Основными источниками этой эффективности являются: снижение уровня трансакционных издержек взаимодействия бизнеса и власти; интеграция усилий и синергия результативности в решении общих проблем; неформальные, мотивированные и доверительные отношения участников партнерства; добровольная централизация некоторых ресурсов и властных полномочий.

В конечном счете, муниципальным органам власти важно учитывать, что участие частного сектора как более эффективного менеджера в решении вопросов местного значения будет способствовать повышению качества предоставляемых населению благ и услуг, условий жизнедеятельности местного сообщества.



## STATE-PRIVATE PARTNERSHIP AS A FACTOR OF EFFICIENCY INCREASE OF MUNICIPAL MANAGEMENT

**O.A. LOMOVITSEVA**<sup>1)</sup>

**A.I. MORDVINTSEV**<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Belgorod State University*

*e-mail: lomovceva@bsu.edu.ru*

<sup>2)</sup> *Volgograd City Council*

*e-mail:*

*gs\_priem3@volgadmin.ru*

In this article, questions of development forms and methods of the State-private partnership are considered with participation of the municipal authorities, which connected with public and concrete citizens. The spectrum of possible models and depth of partnership depends on a maturity of mechanism SPP, reached in the concrete country under the influence of quality institutionalnoyi environment and social and economic requirements of separate territories. There are a number of examples for conditions of Russia, overcoming a stage of formation frame conditions. In particular, creation of Council of directors of the enterprises big city, which engaged accommodation of interests business, power and local population at realizations of municipal industrial policy.

Key words: state-private partnership (SPP), municipal authorities, municipal management, the municipal industrial policy, Council of directors of Volgograd, institutes SPP, institutionalnaya environment of business, functions, the purposes and problems of Council of directors.

## ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕГИОНЕ

**Л.В. УСАТОВА<sup>1)</sup>**

**Т.А. ШАПОВАЛОВА<sup>2)</sup>**

*<sup>1)</sup> Белгородский государственный университет*

*e-mail: tatyana.shapoval@mail.ru*

*<sup>2)</sup> Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

*e-mail: tatyana.shapoval@mail.ru*

В статье представлены факторы развития инновационной деятельности, главными из которых являются: географическое положение; уровень социально-экономического развития; наличие богатых месторождений полезных ископаемых; формирование и совершенствование законодательной базы по регулированию инновационной деятельности региона.

Ключевые слова: инновационная деятельность, Белгородский регион, факторы развития.

---

В условиях мирового финансово-экономического кризиса, когда большинство предприятий и организаций Белгородской области, хозяйствующих субъектов других регионов стали испытывать значительные трудности при осуществлении своей деятельности, единственным способом улучшения положения для многих из них является применение новых методов работы, связанных с внедрением инновационных технологий, переходом на высокоэффективные способы производства продуктов, применением наукоемких, конкурентоспособных разработок и ноу-хау. В данной работе представлены результаты анализа тенденций и факторов развития инновационной деятельности региона на примере Белгородской области.

На наш взгляд, уровень социально-экономического развития области является одним из наиболее важных факторов ее инновационного развития. Рассмотрим основные его характеристики, такие как административно-территориальное, инфраструктурное, природно-ресурсное обеспечение. Здесь и далее анализ сделан с использованием данных официальной статистики<sup>1</sup>. Следует оговориться, что они соответствуют ситуации докризисного периода, однако в целом роль и место региона в национальном разделении труда и размещении производительных сил не изменились и в современных условиях.

Белгородская область входит в состав Центрально-Черноземного экономического района и Центрального федерального округа Российской Федерации. В ее составе выделяют 21 муниципальный район, 1 городской округ, 11 городов, 19 поселков городского типа, 287 сельских и 28 городских поселений и 1573 сельских населенных пункта.

Численность населения области на 1 января 2008 года составила 1519,1 тыс. человек. Доля проживающих в городской местности составила 66,6 %, в сельской – 33,4 %. Средний возраст населения – 39,8 года.

По территории Белгородской области проходят важнейшие железнодорожные и автомобильные магистрали межгосударственного значения, по которым осуществляются как местные, так и дальние транспортные перевозки.

Приграничное положение области выступает благоприятным фактором интенсивной внешнеэкономической деятельности. Продукция белгородских организаций поставляется в 68 стран мира.

---

<sup>1</sup> См.: Социально-экономическое положение Белгородской области в 2008 году: статистический сборник. Белгород, 2009.



Кроме того, Белгородская область является богатейшим по своим минеральным ресурсам регионом России. На ее территории выявлены крупные месторождения железных руд, бокситов, апатитов, минеральных подземных вод, месторождений строительных материалов. Известны проявления золота, графита и редких металлов, а также имеются геологические предпосылки для выявления платины, алмазов, углеводородного сырья и других полезных ископаемых.

Все вышеперечисленное является благоприятным фактором развития производственной сферы. По данным Федеральной службы государственной статистики, в 2008 году на долю Белгородской области приходилось 0,8 % валового регионального продукта от суммы ВВП по России; 0,7 % основных средств; 1,3 % объема отгруженной продукции (работ, услуг) добывающих производств и 1,4 % объема обрабатывающих производств; 2,8 % объема продукции сельского хозяйства; 0,8 % оборота розничной торговли; 1,1 % инвестиций в основной капитал и 0,9 % объема работ, выполненных по виду деятельности «Строительство». Кроме того, Белгородская область занимает 0,7 % объема экспорта и 2,3 % объема импорта страны.

Анализ промышленного производства показал, что доля Белгородской области составляет более 35 % общероссийской добычи железной руды, 34 % окатышей железорудных, 4 % выпуска готового проката, 10% листов асбестоцементных, 9 % цемента, 21 % труб и муфт асбестоцементных, 11 % масла растительного, 12 % сахара-песка, 25 % маргариновой продукции.

Продукция сельского хозяйства в исследуемом периоде составляла 55,5 млрд. рублей, что на 22,2 % больше объема предыдущего года.

Оборот розничной торговли – 84,1 млрд. рублей, при этом темп прироста – 24,5 %. В структуре оборота розничной торговли наибольший удельный вес занимали непродовольственные товары (62%).

Что касается финансового положения хозяйствующих субъектов Белгородской области, то по данным Госкомстата РФ, сальдированный финансовый результат деятельности крупных и средних организаций за рассматриваемый период составил 64,2 млрд. рублей и возрос относительно 2007 года на 63,1 %.

Выигрышно смотрятся и многие показатели развития социальной сферы Белгородской области. В настоящее время в области сложился один из самых высоких уровней заработной платы среди регионов Центрального федерального округа и Центрально-Черноземного района. Стабильно снижается задолженность по заработной плате. Реальные денежные доходы населения были самыми высокими в Центральном федеральном округе.

Таким образом, Белгородская область по многим направлениям экономического и социального развития в исследуемом периоде занимала ведущие позиции, как в России, так и среди регионов Центрального федерального округа, что является важной предпосылкой для развития эффективной инновационной деятельности.

Кроме того, анализ законодательных и нормативных актов, регламентирующих порядок осуществления инновационной деятельности на территории Белгородской области, показал, что здесь созданы максимально комфортные условия для развития инноваций.

Правовые основы организации науки и научно-технической политики, условия и порядок ее формирования и реализации, а также осуществления соответствующей научно-технической деятельности в области установлены основным нормативным актом – законом Белгородской области от 13.11.2003 г. № 96 «О науке и научно-технической политике в Белгородской области»<sup>2</sup>.

Инновационная политика области выполняет следующие задачи:

– создание благоприятных правовых, экономических и организационных условий для осуществления научно-технической деятельности в Белгородской области;

---

<sup>2</sup> О науке и научно-технической политике в Белгородской области: закон от 13.11.2003 г. № 96.

– формирование и развитие научно-технического потенциала Белгородской области, необходимого для обеспечения социально-экономического развития;

– создание и развитие эффективно функционирующих инфраструктур научно-технической деятельности и системы регулирования;

– эффективное использование имеющегося научно-технического потенциала для обеспечения устойчивого и динамичного социально-экономического развития Белгородской области.

В рамках рассмотренного выше закона в области принимается ряд других законодательных и нормативных актов для регулирования инновационной деятельности.

Результатом всего вышесказанного является то, что инновационная деятельность в регионе в течение рассматриваемого периода развивалась успешно. В области создано 17 инновационных технологий, 3 из которых получили патенты на полезную модель.

Таблица 1

**Число созданных передовых производственных технологий  
в 2008 году<sup>3</sup>**

Наименование групп передовых производственных технологий	Число созданных технологий			Число созданных технологий, обладающих			
	всего	из них		на изобретения	на полезную модель	на промышленные образцы	патентной чистотой
		новые в стране	новые за рубежом				
Число созданных передовых производственных технологий – всего	14	14		3	3		
Проектирование и инжиниринг - всего	2	2		2			
Производство, обработка и сборка – всего	3	3		1	2		
Аппаратура автоматизированного наблюдения и/или контроля – всего	1	1					
Связь и управление – всего	1	1					
Производственная информационная система – всего	1	1					
Интегрированное управление и контроль – всего	6	6			1		

Отметим, что в течение рассматриваемого периода в Белгородской области создано 14 передовых производственных технологий, наибольший удельный вес приходится на группы: «Интегрированное управление и контроль» (42,9 %); «Производство, обработка и сборка» (21,4%). Все они являются принципиально новыми для страны, большинство из них (85,7%) запатентованы.

<sup>3</sup> Передовые производственные технологии и технологические инновации по Белгородской области за 2008 год: статистический бюллетень. № 17-12/72. Белгород, 2009.

Таблица 2

**Число использованных в 2008 году передовых производственных технологий по годам внедрения**<sup>4</sup>

Наименование групп передовых производственных технологий	Всего	Использованные технологии по годам внедрения				Число изобретений в используемых технологиях
		10 и более лет	от 6 до 9 лет	от 1 до 5 лет	в отчетном году	
<i>Всего</i>	963	414	145	247	157	14
Проектирование и инжиниринг – всего	179	40	43	60	36	4
Производство, обработка и сборка – всего	391	238	25	85	43	7
Автоматизированная транспортировка материалов и деталей, а также автоматизированных погрузочно-разгрузочных операций – всего	23	10	1	9	3	
Аппаратура автоматизированного наблюдения и/или контроля – всего	48	9	7	11	21	
Связь и управление – всего	209	74	36	55	44	3
Производственная информационная система – всего	28	11	2	10	5	
Интегрированное управление и контроль – всего	85	32	31	17	5	

Из таблицы видно, что в 2008 году в Белгородской области было использовано 963 передовые производственные технологии. При этом, по данным Госкомстата РФ, в 2008 году на промышленное производство Белгородской области пришлось 88,7 % инновационной деятельности, оптовую торговлю – 7,5 %, связь – 1,9 % и 1,9 % инноваций применено в области вычислительной техники и информационных технологий<sup>5</sup>.

Для оценки степени внедрения результатов инновационной деятельности в качестве исходных данных используем выборку показателей об использовании инновационных технологий для производства товаров и услуг в Белгородской области.

Отметим, что в течение анализируемого периода на сферу промышленного производства приходилось 5,6 % инновационных товаров, работ и услуг от общего числа отгруженных товаров, работ и услуг собственного производства организаций промышленности. В сфере услуг инновационные товары, работы и услуги составили 1,8 % от числа отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг силами организаций сферы услуг. Таким образом, можно сделать вывод о незначительном использовании инноваций хозяйствующими субъектами Белгородской области, что является отрицательной тенденцией и требует ее решения в будущем.

В рассматриваемом периоде анализ затрат хозяйствующих субъектов на инновационную деятельность показал, что 97,6 % их пришлось на технологические (продуктовые, процессные) инновации, 0,6 % – на маркетинговые инновации и 1,8 % затрат было осуществлено в области организационных инноваций. Кроме того, основными источниками финансирования инновационной деятельности, по данным Госкомстата РФ, в 2008 году являлись собственные средства организаций (40,7%), иностранные инвести-

<sup>4</sup> Передовые производственные технологии и технологические инновации по Белгородской области за 2008 год: статистический бюллетень. № 17-12/72. Белгород, 2009.

<sup>5</sup> Там же.

ции (29,7 %) и заемные средства (29,6 %). Отметим как положительную тенденцию преобладание в структуре источников финансирования инноваций собственных средств предприятий, что свидетельствует о мотивированности производителей и дает дополнительные возможности дальнейшего расширения этой доли.

Таблица 3

**Объем инновационных товаров, работ, услуг**  
(без НДС, акцизов и других аналогичных платежей) – **всего в 2008 году** (тыс. рублей) <sup>1</sup>

Наименование показателей, характеризующих объемы производства инновационных товаров, работ и услуг	Всего	в том числе экспортировано		Инновационные товары, работы, услуги, новые для рынка организации	Число организаций, выпускавших товары, работы, услуги, новые для рынка, единиц
		за пределы Российской Федерации	из них в государства СНГ		
1	2	3	4	5	6
Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами организаций промышленности	232883284,5	53706358,6	16438841,1	x	x
в том числе инновационные товары, работы, услуги, из них:	13064990,9	10304622,5	3697619,6	218645,2	6
вновь внедренные или подвергавшиеся значительным технологическим изменениям в течение последних трех лет	8962275,7	7320424,5	3697619,6	161150,1	6
подвергавшиеся усовершенствованию в течение последних трех лет	4102715,2	2984198,0		57495,1	1
Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами организаций сферы услуг	17596854,1	1350273,0	1346426,0	x	x
в том числе инновационные товары, работы, услуги	312873,7				
Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами с использованием маркетинговых инноваций	695572,8	5276,0	5057,0	x	x
Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами с использованием маркетинговых инноваций организаций промышленности	160371,7	5276,0	5057,0	x	x
Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами с использованием маркетинговых инноваций организаций сферы услуг	535201,1			x	x

В то же время в регионе можно говорить и об активном участии государствен-



ных органов власти и управления в процессах активизации инноваций. Так, организационное сопровождение и реализация федеральных и региональных программ по развитию и государственной поддержке инновационной деятельности, малого и среднего предпринимательства и подготовке управленческих кадров является основной целью деятельности созданного в области государственного учреждения «Белгородский региональный ресурсный инновационный центр» (ОГУ «БРРИЦ»).<sup>6</sup>

Для решения указанных задач ОГУ «БРРИЦ» осуществляет следующие виды деятельности:

- производит экономическое, правовое и организационное обеспечение реализуемых программ и проектов;
- учреждает от имени и по поручению правительства Белгородской области предприятия различных организационно-правовых форм в целях реализации программ и проектов;
- производит сделки с недвижимым имуществом (сдача в аренду, передача в залог и другие);
- разрабатывает предложения о перспективных направлениях инновационной деятельности и способствует их реализации в структуре предприятий малого и среднего предпринимательства;
- проводит конкурсы инвестиционных проектов малого и среднего предпринимательства с целью принятия решений о размещении предприятий на территории бизнес-инкубатора;
- организует текущую деятельность бизнес-инкубатора;
- создает единую информационную базу об участниках реализуемых программ и проектов;
- разрабатывает организационно-экономические технологии привлечения инвестиций для инновационного развития малого и среднего предпринимательства области.

Помимо этого в состав инновационной инфраструктуры входят 21 высшее учебное заведение, в том числе 8 негосударственных, и 8 научно-исследовательских институтов, что создает дополнительные возможности для развития на территории области инновационной деятельности.

Таким образом, на основе проведенного анализа факторов развития инновационной деятельности в Белгородской области можно сделать вывод, что существуют значительные возможности для осуществления инноваций: географическое положение; сеть автомобильных и железнодорожных магистралей; наличие богатых месторождений полезных ископаемых; высокий уровень развития промышленности, сельского хозяйства и социальной сферы; развитая и постоянно дополняемая законодательная база регулирования инновационной деятельности региона.

## FACTORS OF DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ACTIVITY

L.V. USATOVA<sup>1)</sup>

T.A. SHAPOVALOVA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Belgorod State University.*

*e-mail: tatyana.shapoval@mail.ru*

<sup>2)</sup> *Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shukhov*

*e-mail: tatyana.shapoval@mail.ru*

The article describes factors of development of innovative activity. The main things from them in the Belgorod region are: a geographical position, level of social and economic development, presence of minerals, conditions of the legislation in the field of innovation regulation.

Key words: innovative activity, Belgorod region, factors of development.

<sup>6</sup> Об областном государственном учреждении «Белгородский региональный ресурсный инновационный центр»: распоряжение Правительства Белгородской области от 09.07.2007 г. № 122-рп.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЦЕЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ

**М.В. СЕЛЮКОВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail:  
maxisel@mail.ru*

В статье рассматриваются региональные аспекты целевой организации процессов управления кооперативными организациями, особенности процесса формирования целей в организациях потребительской кооперации, его роль в функционировании системы управления. Описываются региональные особенности процессов согласования целей управления кооперативных организаций по вертикали и горизонтали.

Ключевые слова: цель, региональные аспекты целеполагания, целевые ориентиры потребительской кооперации, интеграционный потенциал целей, функционально-вертикальная и функционально-горизонтальная интеграция.

---

Интенсификация и диверсификация современного производства, внедрение новых управленческих структур, становление и развитие инфраструктуры рынка коренным образом изменили экономическую, информационную и правовую среду функционирования организаций. Эти изменения затронули все стороны деятельности субъектов рынка товаров и услуг, отразились на статусе и положении в системе общественного производства. Организации получили самостоятельность в управлении, право распоряжаться ресурсами и результатами труда, несут полную экономическую ответственность за эффективность производства, конкурентоспособность продукции и услуг.

Одним из субъектов экономики страны является система потребительской кооперации, роль которой в решении социально-экономических проблем общества в настоящее время значительно возрастает. Возможность выполнения потребительской кооперацией социальной миссии напрямую зависит от эффективности ее хозяйствования, целевой организации процессов управления, в первую очередь, на уровне регионов – облпотребсоюзов.

Особенности целеполагания в организациях потребительской кооперации характеризуются, с одной стороны, объективными свойствами этой социально-экономической системы, их большой инерционностью, неопределенностью, нелинейностью причинно-следственных связей, многоуровневой (а, значит, многоцелевой) структурой, статусом некоммерческой организации. С другой стороны, обусловлены сложностью мотивационного поля людей – клиентов и партнеров этой организации.

В потребительской кооперации на уровне региона общесистемные цели могут конкурировать с целями подсистем, а последние – между собой. Это свойство целей используется в практике целеполагания и воплощается в «дереве целей», подразумевающим, что для каждого субъекта деятельности существует иерархия, в которой цель низшего уровня является средством (ступенью) достижения целей следующего иерархического уровня. В качестве базовых выступают экономические, социальные, организационные, технические и экологические цели. Социальные цели находят свое выражение в осуществлении социальной миссии кооперативных организаций. Экономические цели состоят в обеспечении определенных темпов экономического роста, в получении оптимальной прибыли (достаточной для самофинансирования экономики и решения социальных вопросов), достижения рентабельности капитала на уровне не ниже, чем у конкурентов. Организационные цели связаны с совершенствованием управления, организационной деятельности основного звена (магазинов и других предприятий). Технические цели представляют собой количественные и качественные требования к продукции производства и заготовок, а также к необходимому производственному потенциалу (технические установки, машины, технология). Экологические цели связаны с защитой окружающей среды.



В значительной мере проявляется взаимосвязь между целями расширения социальной миссии потребительской кооперации и экономическими результатами хозяйственной деятельности кооперативных организаций. Следует отметить, что за последние пять лет в целом по системе потребительской кооперации наблюдается тенденция роста полученного финансового результата (рис.1).

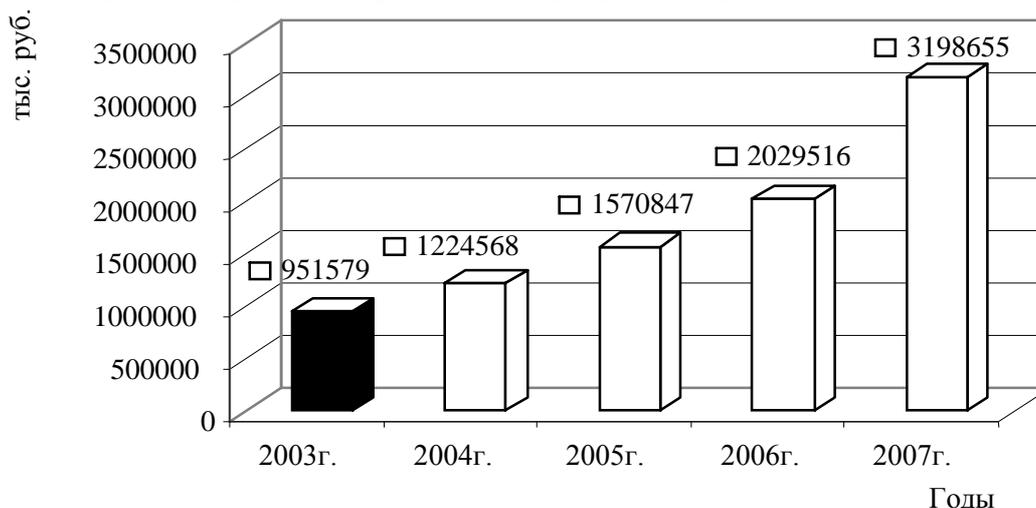


Рис. 1. Динамика финансовых результатов системы потребительской кооперации РФ за 2003-2007 гг.

Аналогичная тенденция наблюдается и в потребсоюзах Центрального федерального округа России (рис. 2). При этом следует отметить, что Курскому потребсоюзу удалось существенно увеличить полученную прибыль (почти в 4 раза) в 2007 году по сравнению с 2003 годом.

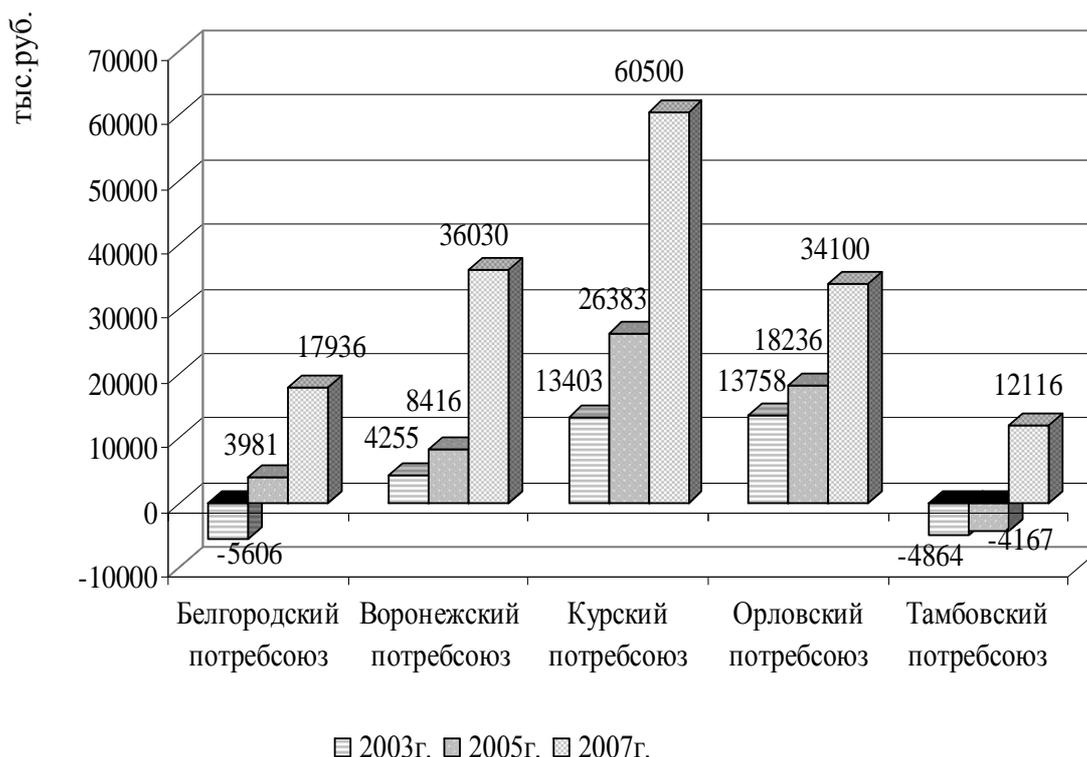


Рис. 2. Динамика финансовых результатов отдельных потребсоюзов Центрального федерального округа за 2003-2007 гг.

Отраслевой аспект установления и достижения экономических целей потребительской кооперации на уровне региона показал, что основным видом деятельности, которая приносит больше всего прибыли кооперативным организациям, остается торговля. Однако, следует отметить, что за последние пять лет набирают вес по результативности в системе потребительской кооперации такие виды деятельности, как промышленность и бытовые услуги.

В результате исследования всего спектра показателей, характеризующих достижение социальных целей, были выявлены негативные тенденции. Так, в частности, для организаций потребительской кооперации за последние три года характерна тенденция снижения численности пайщиков (примерно на 40%) (рис. 3), сокращения количества созданных новых рабочих мест (примерно на 27%). Объем платных услуг сократился примерно на 30% (рис. 4). Это связано с ослаблением организационно-кооперативной работы и отсутствием научного подхода к разработке и реализации целевых программ.

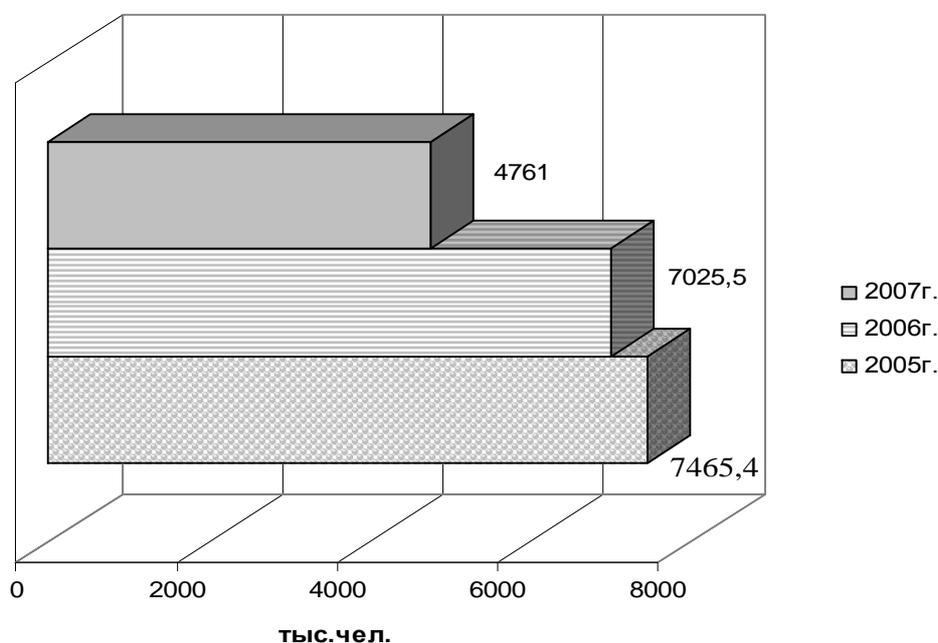


Рис. 3. Численность пайщиков в системе потребительской кооперации России за 2005-2007 гг.

Большинство кооперативных организаций на мезоуровне столкнулось с проблемой рациональной постановки целей, которые бы реально выполняли свое назначение интегрирующего фактора. Отсюда вытекают ограничения практического нормативно-целевого метода целеполагания, когда нормы-цели задаются сверху-вниз и строятся на убеждении, что руководители кооперативных организаций обладают большими знаниями, информацией, властными полномочиями. Вместе с тем, реализация этого метода со временем приобретает традиционность, характерную для устойчивых иерархических систем и обуславливающую консерватизм, непрофессиональный подход, этическую неполноценность высших управляющих. Альтернатива такому подходу, по нашему мнению, заложена в правильном использовании мотивационного управления. Она состоит в реальной, а не декларируемой, демократизации кооперации и профессионализации целеполагания, предполагающей вовлечение большого числа пайщиков в широкое обсуждение общесистемных стратегических моделей и целей развития на основе высокопрофессиональных разработок.

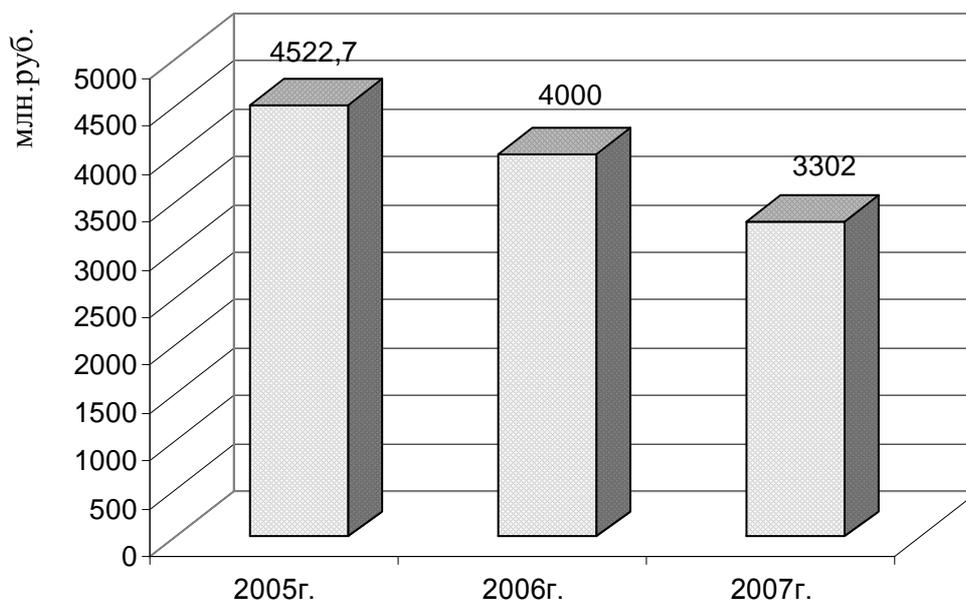


Рис. 4. Объем реализации платных услуг населению за 2005-2007 гг.

В настоящий момент перед системой потребительской кооперации стоит задача сбалансированного развития, устойчивого экономического роста и активной реализации социальной миссии. В этой связи во всех областных (краевых, республиканских) потребсоюзах возникает необходимость в рациональном процессе формирования целевых программ по достижению каждой кооперативной организацией такого состояния, при котором ее экономика станет эффективной и социально ответственной. При этом цели и траектории их достижения должны быть продуманы и сформулированы на глубоко научной основе для того, чтобы в результате их реализации достигался высокий экономический и мотивационный эффект. Первый состоит в получении оптимальной прибыли, достаточной для обеспечения социальной миссии потребительской кооперации, второй – в удовлетворении ожиданий пайщиков.

Данных эффектов (экономического и мотивационного), по нашему мнению, система потребительской кооперации сможет добиться, используя современные технологии в области целевого менеджмента, разрабатывая целевые ориентиры, отражающие общие интересы, объединяющие персонал кооперативной организации. На наш взгляд, так будет обеспечиваться функциональная интеграция управления организациями потребительской кооперации. Результатами функциональной интеграции будут расчеты, помогающие принимать решения в процессе достижения главной цели. Воплощаясь в реальных расчетах, функциональная интеграция позволит согласовывать связи как по горизонтали, так и по вертикали.

Если функциональную интеграцию можно определить как процесс охвата взаимосвязанных задач, направленных на поддержку исполнения должностных обязанностей аппаратом управления организаций потребительской кооперации, то функционально-вертикальная интеграция, кроме этого, предполагает согласование локальных целей и критериев деятельности функциональных подразделений для достижения главной цели управления кооперативной организацией. В общем виде согласование целей по вертикали в организациях потребительской кооперации должно достигаться в результате договоренности между пайщиками кооперативных организаций, институтами государства (региона) и работниками данных кооперативных организаций (рис. 5).



Рис. 5. Согласование целей управления в кооперативной организации по вертикали

Работники кооперативной организации заняты социально-экономической деятельностью, организация является частью системы потребительской кооперации, существующей в государстве, в конкретном регионе. Данная логика подтверждает, что такое положение сторон делает цели одной из них подцелями другой. Цели государства и региона многообразны и сложны, иногда находятся в противоречии и между собой, и с целями кооперативной организации, поэтому необходимо искать компромиссы, например, через процесс переговоров, принятия соответствующих законов, отвечающих миссии и целям системы потребительской кооперации.

Принципиальная особенность функциональной вертикальной интеграции в конкретной кооперативной организации состоит в том, что системный эффект будет достигаться за счет увязки всех подцелей, которая хотя и будет, по нашему мнению, вести к ухудшению отдельных экономических показателей, но в целом обеспечит эффективное достижение главной цели управления.

Функциональная горизонтальная интеграция предназначается для формирования решения и последовательности обучающих или консультирующих процедур, поддерживающих этот процесс. Термин «горизонтальная» означает, что формирование решения состоит из ряда этапов, каждый из которых поддерживается одним и тем же параллельно подключаемым, в случае надобности, обучающим блоком. Эффект возникает в результате оперативности и своевременности такой поддержки, сокращения затрат на получение необходимых знаний, иными словами, – за счет сокращения затрат на формирование решений и улучшения качества принимаемого решения.

На практике согласование целей в кооперативных организациях по горизонтали должно достигаться, по нашему мнению, путем договоренности по организационным целям между подразделениями функциональной, технологической или производственной цепочки (рис. 6). Таким образом, основной задачей управленческого персонала организаций потребительской кооперации должно стать интегрирование этой цепочки подцелей в общую цель, которую они должны четко представлять.

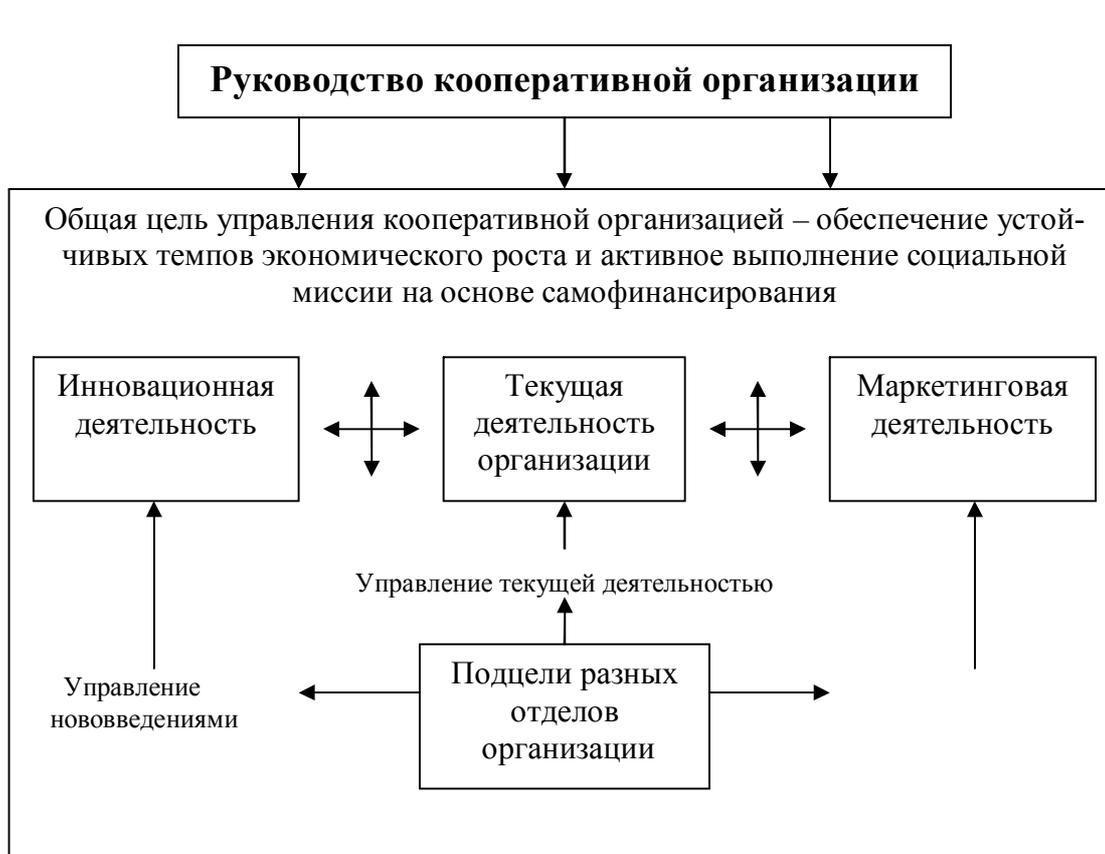


Рис. 6. Согласование целей управления в кооперативной организации по горизонтали

Реализация данной задачи имеет несколько путей решения:

- авторитарно, централизованным образом установить место и роль каждого из указанных подразделений в общей цели, полагаясь на желание подразделений не нарушать стабильности своей работы и выполнять все указания руководства организации;
- использовать эффективные механизмы горизонтальных связей (сквозное решение, целевые группы, советы, комитеты и т.п.), где представители различных подразделений будут организационно объединены одной целью;
- действовать методом «переключения внимания», направляя ресурсы на те участки работы, которые сегодня являются наиболее важными для выполнения главной цели управления кооперативной организацией.

Получаемый, таким образом, эффект эмерджентности, в результате двух видов интеграции – вертикальной и горизонтальной – есть не что иное, как переход системы в новое качество. Его количественная оценка может базироваться на расчете разницы между эффективностью системы, рассматриваемой в качестве суммы частных эффектов, получаемых в результате выполнения локальных, то есть не связанных



между собой, расчетов, и эффективностью, получаемой в результате применения функционально-интегрированных расчетов.

Таким образом, социально-экономический эффект, который можно получить в результате предлагаемого нами процесса интеграции целей управления, будет способствовать совершенствованию целевой организации процессов управления в кооперативных организациях на уровне региона (облпотребсоюзах), оптимизирует процесс достижения ими поставленных целей, а значит, будет достигаться высокий социальный и экономический эффект деятельности отечественной системы потребительской кооперации в целом.

## **REGIONAL ASPECTS OF TARGET ORGANIZATION OF MANAGERIAL PROCESS IN CONSUMERS' CO-OPERATIVE SOCIETY SYSTEM**

M.V. SELYUKOV

*Belgorod  
State University*

*e-mail:  
maxisel@mail.ru*

In article regional aspects of the target organization of managerial processes by the co-operative organizations, features of process of formation of the purposes in the consumers' co-operative society organizations, its role in control system functioning are considered. Regional features of processes of the coordination of the purposes of management of the co-operative organizations on a vertical and a horizontal are described.

Keywords: the purpose, regional aspects of formation of the purposes, target reference points of consumers' co-operative society, integration potential of the purposes, is functional-vertical and is functional-horizontal integration.

## КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Ф.И. ВОРОНИН**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: rector@viepp.ru*

Изложена позиция о том, что развитие муниципальных образований возможно на основе создания промышленных кластеров – географически локализованных, неформально объединенных взаимосвязанных групп предприятий, производящих взаимодополняющую продукцию. Роль органов региональной и муниципальной власти в процессе образования кластеров заключается в инициировании кооперационных связей в деловом и информационном взаимодействии, а также в создании благоприятных, льготных экономических условий производства. Примером структур кластерного типа является межрегиональный бизнес-инкубатор поддержки инновационной деятельности, созданный на территории Волгоградско-Волжской агломерации.

Ключевые слова: муниципальное образование, кластер, кластерный эффект, территориально-производственный комплекс, бизнес-инкубатор, Южный федеральный округ.

Современное развитие муниципальных образований требует решения целого ряда проблем, которые помогут существенно повысить эффективность их функционирования. Наиболее сложными являются: необходимость расширения объемов производства и продажи товаров и услуг, сложность взаимодействия и взаимной интеграции органов власти и бизнес-организаций. Перспективным в этом направлении является создание промышленных кластеров – географически локализованных взаимосвязанных групп предприятий, производящих взаимодополняющую продукцию. Это – преимущественно неформальное объединение крупных лидирующих фирм с множеством мелких и средних предприятий, создателей технологий, связующих рыночных институтов и потребителей, взаимодействующих друг с другом в рамках единой цепочки создания стоимости, сосредоточенных на ограниченной территории и осуществляющих совместную деятельность в процессе производства и поставки определенного типа продуктов и услуг.

Роль органов региональной и муниципальной власти в процессе образования кластеров заключается в инициировании кооперационных и субконтракционных связей в деловом и информационном взаимодействии, а также в создании благоприятных, льготных экономических условий производства.

*Таблица 1*

**Оценка влияния кластера на развитие региона**

Воздействие кластера на регион	Измеряемое воздействие	Способы оценки
Перераспределение ресурсов	Изменение издержек (доступности) ресурсов в других частях экономики	Анализ издержек фирм, не входящих в кластер Анализ стоимости ресурсов
Эффекты «перелива» на территории	Прямые (косвенные) эффекты роста кластера на остальные части экономики	Исследование фирм, входящих и не входящих в кластер

Кластер является важным условием повышения эффективности экономической деятельности в регионе на основе интеграции субъектов хозяйствования. Однако такое направление возникло давно, приносило свои результаты не только в рыночной, но и в планово-централизованной модели хозяйствования.

Наиболее близким аналогом понятия кластер в советской системе хозяйствования был территориально-производственный комплекс. Принципиальными отличиями ТПК в СССР и кластеров в современной России выступают организационные условия формирования и функционирования.

Ведущую роль в разработке теории ТПК сыграл известный советский ученый, специалист в области размещения производительных сил, Н.Н. Колосовский, давший следующее определение: «производственным комплексом называется такое экономическое (взаимообусловленное) сочетание предприятий в одной промышленной точке и в целом районе, при котором достигается определенный экономический эффект за счет удачного (планового) подбора предприятий в соответствии с природными и экономическими условиями района, с его транспортным и экономико-географическим положением»<sup>1</sup>.

Экономический вклад ТПК заключается в том, что они активизировали рациональное использование территории, способствовали оптимизации внутри- и межрайонных связей, стимулируя интенсификацию производства, развитие научно-технического прогресса. Предпосылки формирования ТПК во многом зависели от первоначальных особенностей местных природных ресурсов: минерального сырья, топливно-энергетических, водных, растительных, земельных и др. Отрасли ТПК, отличающиеся комплексобразующими свойствами, притягивали вспомогательные, обслуживающие и сопряженные производства.

Особенностями ТПК, связанными с системой размещения в планово-административной экономике, являлись<sup>2</sup>:

- высокий уровень концентрации производства, приводящий к недостаточности количества участников ТПК и практическому отсутствию конкуренции между ними;
- функционирование многих предприятий на принципах самообеспечения, что привело к невысокому уровню технической, технологической и организационной кооперации участников ТПК;
- существенная роль сырьевого сектора в экономике страны, которая, в основном, определяла формирование не инновационных, а природозэксплуатирующих ТПК.

Рыночная трансформация экономики России ликвидировала государство как единственного гарантированного потребителя продуктов ТПК, разрушила налаженные производственно-хозяйственные связи между его участниками, которые стали самостоятельными предприятиями или их группами с низким конкурентным потенциалом.

Происходящие в настоящее время процессы формирования кластеров сосредоточены, в основном, вокруг ключевых отраслей промышленности (машиностроение, металлургия, нефтегазовая, автомобилестроение, химия, АПК).

Кластерные системы характеризуются следующими особенностями:

- наличие крупного предприятия-лидера, определяющего долговременную хозяйственную, инновационную и иную стратегию всей системы;
- территориальная локализация основной массы хозяйствующих субъектов – участников кластерной системы;
- устойчивость хозяйственных связей субъектов – участников кластера, доминирующее значение этих связей для большинства;
- долговременная координация взаимодействия участников системы в рамках ее производственных программ, инновационных процессов.

<sup>1</sup> Колосовский Н.Н. Основы экономического районирования М.: Мысль, 1958. С.138.

<sup>2</sup> Бородкина Е.В. Территориально-производственные комплексы в СССР и кластеры в современной России: сравнительная характеристика // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления: Мат-лы междунард. науч.-практ. конф. Воронеж: ВГПУ, 2009. С. 242.

Таблица 2

**Сравнительная характеристика понятий кластер  
и территориально-производственный комплекс<sup>3</sup>**

Признак сравнения	ТПК	Кластер
Условия формирования и развития	Планово-централизованная система, подчиненность политическим целям	Рыночная система, конкуренция, отсутствие директивности
Инициатива создания	Сверху вниз, на основе централизованного планирования	Сверху вниз – первоочередное создание органов координации и мониторинга, определение стратегии кластера и его ресурсной поддержки. Снизу вверх – создание конкретных проектов и программ с участием предприятий кластера. Смешанный вариант
Специфика субъектов	Предприятия и организации не являются самостоятельными хозяйствующими субъектами, их состав определяется директивно	Полная или частичная самостоятельность субъектов кластера, разнообразие форм собственности, равноправие отношений экономических субъектов
Структура и специализация	Межотраслевой комплекс, главную роль в котором играют базисные отрасли, определяющие основную специализацию, а также комплексирующие отрасли	Набор независимых участников, работающих в одной отрасли или подотрасли
Планирование хозяйственной деятельности и принятие управленческих решений	Централизованное, директивное	Децентрализованность; в случае участия в кластере органов власти – стратегическое планирование; совместное планирование групп предприятий
Социальная инфраструктура	Организации сферы обслуживания, обеспечивающие набор социальных услуг в соответствии с объемом бюджетного финансирования	Социальная среда, обеспечивающая определенное качество жизни населения территории
Институциональная инфраструктура	Партийные и административные органы, научно-исследовательские институты, образовательные учреждения	Система законодательных актов, норм и правил поведения, сложившихся на определенной территории и оказывающие определенное влияние на деятельность экономических агентов
Восприимчивость к изменениям внешней среды	Жесткость связей, большая инерционность	Высокая восприимчивость к изменениям, динамичность

<sup>3</sup> Сост. с исп.: Бородкина Е.В. Территориально-производственные комплексы в СССР и кластеры в современной России: сравнительная характеристика // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления: Мат-лы междуна-род. науч.-практ. конф. Воронеж: ВГПУ, 2009. С. 243.

Из таблицы видно, что между описанными подходами существует нечто общее:

- технологическая связь, общая инфраструктура, создающие синергию взаимодействия, конкурентоспособность продуктов, устойчивость в среде;
- наличие группы отраслей, сочетающихся в пределах некоторой территории, наиболее сильных и конкурентоспособных.
- присутствие родственных и поддерживающих отраслей.

Использование в современной практике регионального управления теоретически изученных и апробированных положительных эффектов территориально-производственного комплексирования при соответствующем усилении активной роли социальной и природной компоненты дает возможность формирования и развития современных наукоемких, инновационно-ориентированных кластеров. Безусловно, основным отличием от советской практики должна выступать первичность существующих социальных отношений, наличие доверия и организационной совместимости участников кластера.

Кластерный подход предоставляет необходимые методологию и инструменты формирования и развития подобных систем в муниципальных образованиях. В частности, возможно использовать следующий алгоритм создания кластера (табл. 3). Описанный алгоритм реализован при создании межрегионального бизнес-инкубатора (БИ) поддержки инновационной деятельности, который также может быть отнесен к структурам кластерного типа. В его состав входят: Волгоградский центр трансфера технологий, Агентство инвестиций и развития Администрации Волгоградской области, Региональный венчурный фонд, Волгоградский научно-технологический центр и Волгоградский академический центр. Для успешной реализации плана необходимо наладить продуктивное сотрудничество с консалтинговыми организациями, либо объединениями предпринимателей. Например, НП НСБИ оказывает широкий спектр услуг по созданию и развитию БИ, включая подготовку всех необходимых документов и текстов соглашений и постановлений, разработку бизнес-плана, технологии конкурсного отбора, проведение экспертизы заявок, содействие в привлечении внешних ресурсов и инвесторов, подготовку кадров и т.д.

Таблица 3

**Этапы создания бизнес-инкубатора межрегионального типа на территории Волгоградско-Волжской агломерации<sup>4</sup>**

Этапы реализации	Мероприятия
Подготовительный этап	Формирование инициативной группы из представителей властных структур, членов общественных объединений предпринимателей
	Определение материальной базы и источников финансирования проекта
	Разработка и утверждение официальных документов государственных органов о создании и поддержке БИ
Разработка бизнес-плана БИ	Выбор организационно-правовой формы БИ
	Выбор типа БИ и приоритетных направлений деятельности
	Выбор формы передачи помещения БИ
	Определение перечня и порядка предоставления услуг
	Определение принципов приема и вывода малых предприятий из БИ

<sup>4</sup> Сост. с исп.: Фесюн А.В. Формирование бизнес-инкубатора межрегионального типа. Дис. на соиск. уч. ст. канд. эк. наук. Волгоград, 2009. С. 145-146.

Учреждение БИ	Разработка и утверждение уставных документов
	Выделение помещения для размещения БИ, закупка оборудования (с учетом требований к техническому оснащению БИ) и оформление всех необходимых документов
	Выбор управляющей организации
	Подбор кандидатуры управляющего БИ
	Государственная регистрация БИ
Начало функционирования БИ	Разработка функциональной матрицы БИ
	Разработка должностных инструкций для персонала
	Подбор и прием на работу персонала БИ
	Разработка и принятие документов, регламентирующих деятельность БИ (типового договора аренды и т.п.)
Отбор предприятий в БИ	Учреждение конкурсной комиссии
	Разработка и публикация в СМИ и Интернет конкурсной документации – критериев отбора проектов – и объявления о конкурсе
	Прием заявок на размещение в БИ
	Проведение экспертизы и определение результатов конкурса
	Подписание договоров и размещение клиентов в БИ

В условиях глобализации экономики и ускорения научно-технического прогресса происходит непрерывное усиление роли инноваций и инновационной деятельности. Усиление конкурентоспособности любого региона напрямую связано с разработкой и коммерциализацией новых технологий, созданием спроса на инновационную продукцию, что позволит предприятиям выйти на новые рынки сбыта и занять нишевые позиции.

Ключевая роль в разработке и внедрении новых технологий отводится малым предприятиям, поскольку малый бизнес наиболее восприимчив к инновациям и способен гибко реагировать на изменение рыночной конъюнктуры. Создание инновационного БИ межрегионального типа на территории Волгоградско-Волжской агломерации позволит увеличить количество малых высокотехнологичных компаний в ЮФО. Выгодное экономико-географическое расположение на пересечении важнейших торговых и транспортных путей обеспечит расширенные возможности выхода инновационных предприятий на межрегиональные и международные рынки, создавая предпосылки для интеграции экономики Юга России в глобальную экономическую систему.

Дальнейшее развитие БИ предполагает развитие ассортимента и качества предоставляемых услуг, налаживание партнерских отношений с различными структурами поддержки малого предпринимательства и формирование межрегиональной сети БИ, а, в конечном счете, – формирование инновационного кластера в масштабах ЮФО. Последний этап – функционирование инновационного кластера – означает, что установлены партнерские отношения с организациями инновационной инфра-



структуры ЮФО (научно-образовательными и исследовательскими учреждениями, фондами поддержки инноваций, венчурными фондами, региональными центрами трансфера технологий, бизнес-центрами, технопарками и др.), а органы власти региона выполняют координационную роль по отношению к элементам кластера инноваций.

## **CLUSTER APPROACH TO THE ORGANIZATION OF THE MUNICIPAL FORMATION DEVELOPMENT**

F.I. VORONIN

*Belgorod  
State University*

*e-mail: rector@viepp.ru*

Resume: the development of any municipal formation is only possible on the basis of industrial clusters – geographically located and informally joined interconnected groups of enterprises manufacturing complementary goods. The role of municipal and regional authorities in the cluster formation process consists in initiating cooperative connections in business and informational interaction and in creating preferential economic terms. As an example of cluster structure we can take the interregional business-incubator of innovation activity support founded on the territory of Volgograd-Volzhsy agglomeration.

Key words: municipal formation, cluster, cluster effect, territorial-production complex, business-incubator, South Federal District.

---

---

# ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

---

---

УДК 338.30

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР

**В.А. КАЛУГИН**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail:  
Kalugin@bsu.edu.ru*

Дан краткий анализ различных подходов к оценке результатов научно-технической деятельности (РНТД). Отмечены трудности оценки коммерческого потенциала РНТД, сопряженные, прежде всего, с необходимостью учета разнокачественных эффектов. Рассмотрена наиболее разработанная к настоящему времени методика проведения качественного и количественного анализа. Отмечены ее несовершенства и недоработки. На основе системной методологии анализа иерархических структур предложен метод расчета интегральной оценки РНТД, позволяющий учесть в рамках одной модели качественные и количественные оценки РНТД.

Ключевые слова: результат научно-технической деятельности, коммерческий потенциал, качественные и количественные характеристики РНТД, шкала измерений, иерархия, матрица парных сравнений, согласованность, главный собственный вектор, метод анализа иерархий.

---

---

Тенденции успешности развития ведущих стран мира базируются на понимании необходимости перехода к инновационной экономике, в которой ведущую роль играют знания. При этом экономический рост обеспечивается не только и не столько способностью производить в рамках научно-технической деятельности новые знания (результаты научно-технической деятельности — РНТД), сколько умением трансформировать их в инновации.

Вместе с тем в рыночно ориентированной экономике, как свидетельствует статистика, в условиях высокой конкуренции лишь 6-8 % научных исследований и разработок превращаются в инновацию. Следовательно, при проведении научных исследований и разработок, нередко, экономически целесообразным будет решение прекратить или перепрофилировать те из них, которые не имеют или потеряли коммерческую значимость (потенциал).

Необходимость постоянной оценки коммерческого потенциала РНТД на различных этапах инновационного цикла диктуется также тем обстоятельством, что по мере перехода от фундаментальных исследований к опытно-конструкторским разработкам и далее — к освоению производства новой продукции — происходит резкое увеличение затрат. Как свидетельствует статистика, затраты возрастают примерно в 10 раз. Поэтому прекращение бесперспективных в коммерческом отношении научных исследований и разработок позволит сэкономить значительные финансовые, интеллектуальные и другие виды трудновосполняемых ресурсов.

Следует заметить, что особенно большие сложности возникают при попытке оценить коммерческий потенциал фундаментальных исследований. Как отмечается в работе<sup>1</sup>, его оценка возможна только на основе балльно-экспертного метода, являющегося на сегодня основным методом при решении вопросов финансирования и поддержки научно-технических разработок, как на государственном уровне, так и на уровне конкретной фирмы.

**Традиционный подход.** В научной литературе обсуждают предложения по совершенствованию балльно-экспертных методов оценки коммерческого потенциала РНТД.

Рассмотрим в этой связи методику проведения качественного и количественного анализа РНТД, предложенную в работе<sup>2</sup>.

В рамках анализа на коммерческую значимость РНТД в анализируемой работе решаются задачи: 1) отбор наиболее значимых изобретений, которые могут быть рекомендованы для использования в объекте техники, в технологии, в инновационном проекте, при проведении НИОКР; 2) обоснование целесообразности приобретения лицензии (прав использования на основании лицензионного договора), патента (исключительных прав, вытекающих из патента); 3) обоснование целесообразности патентования изобретения в Российской Федерации и за рубежом и др.

Оценку коммерческого потенциала РНТД предлагается проводить в три этапа: 1) предварительный поиск информации и сбор сведений о РНТД; 2) качественный анализ коммерческой значимости РНТД; 3) количественный анализ коммерческой значимости РНТД. Рассмотрим подробнее качественный и количественный анализ.

*Качественный анализ.* В роли качественных характеристик (критериев) предлагается использовать, например, следующие:

1) влияние РНТД на технический уровень продукции, на ее технико-экономические показатели (обозначение —  $A_1$ ),

шкала: отсутствие влияния или определенная степень влияния;

2) стадия разработок, проработанность РНТД (обозначение —  $A_2$ ),

шкала: «идея», «НИР», «ОКР», «технологические работы»;

3) степень пригодности РНТД к практическому использованию потребителями и промышленному воспроизведению (обозначение —  $A_3$ ),

шкала: «непригоден», «требует существенных доработок и испытаний», «достаточно пригоден» (в наличии имеется весь требуемый комплект конструкторско-технологической документации);

4) влияние РНТД на потребительские свойства продукции, на ее технологичность (обозначение —  $A_4$ ),

шкала: отсутствие влияния, определенная степень влияния;

5) ожидаемый платежеспособный спрос на продукцию, основанную на использовании РНТД (обозначение —  $A_5$ ),

шкала: уровень ожидаемого платежеспособного спроса;

<sup>1</sup> Основы инновационного менеджмента. Теория и практика: Учебник / Л.С. Барютин и др.; под ред. А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. С. 518 с.

<sup>2</sup> Наумов О.Ф., Соловьева Г.М. Центры коммерциализации технологий в России и за рубежом. М.: Информ. изд. центр Роспатента, 2005 г. 142 с.

б) соответствие РНТД (продукции, полученной в результате внедрения РНТД, а также процессов производства продукции) требованиям безопасности для человека и окружающей среды (обозначение —  $A_6$ ),

шкала: «соответствие экологическим стандартам безопасности», «некоторое несоответствие и необходимость доработки».

*Рекомендации по выбору качественных характеристик РНТД.* Качественные характеристики устанавливаются экспертным путем с указанием степени влияния или соответствия. Допустимо использовать как полярные оценки типа «да — нет», «имеется — не имеется», «соответствует — не соответствует», так и развитые шкалы оценок с промежуточными градациями характеристик, например, «влияние не отмечено — влияние незначительное (слабое) — влияние небольшое (среднее) — влияние значительное (сильное)» или «влияние отрицательное — влияние не отмечено — влияние положительное».

Таким образом, ограничившись шестью критериями, описание РНТД с позиции качественных характеристик имеет вид: РНТД = ( $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ ). При этом конкретный РНТД может быть представлен следующий кортежем:

РНТД-1 = («незначительное влияние», «стадия НИР», «достаточно пригоден», «определенная степень влияния», «средний платежеспособный спрос», «соответствие экологическим стандартам»).

Выбор наиболее значимого РНТД:

**Этап 1.** На этом этапе выбор наиболее значимого РНТД из ряда сравниваемых осуществляют на основе оценки их качественных характеристик. Из качественной оценки РНТД предпочтение отдают тем результатам, которые имеют положительные и лучшие характеристики.

**Этап 2.** РНТД, отобранные на первом этапе, сравниваются по следующим прогнозным значениям характеристик:

- 1) предполагаемый срок окупаемости;
- 2) удельные затраты на производство и реализацию;
- 3) общий объем требуемого инвестирования.

Выбирают те РНТД, которые имеют наименьшие значения характеристики по настоящему пункту.

**Этап 3.** РНТД, отобранные на первом этапе, сравниваются по следующим прогнозным значениям характеристик:

- 1) внутренняя норма доходности;
- 2) рентабельность;
- 3) чистый приведенный (дисконтированный) доход.

Выбирают те РНТД, которые имеют наибольшие значения характеристики по настоящему пункту.

**Этап 4.** РНТД, отобранные на втором и третьем этапах, сравнивают попарно по указанным характеристикам.

Отбирают РНТД, имеющие лучшие характеристики.

**Этап 5.** Окончательный выбор.

Коммерчески значимыми признаются РНТД, которые удовлетворяют следующим условиям:

- 1) положительно оцениваются на первом этапе;
- 2) планы их использования описаны в виде инновационных проектов и (или) бизнес-планов;
- 3) прогнозные характеристики, полученные на втором и третьем этапах, оцениваются как сравнительно лучшие.

Следует заметить, что второй и третий этапы не вписываются в качественный анализ, поскольку оперируют количественными показателями (срок окупаемости, удельные затраты, внутренняя норма доходности и т.д.), рассчитываемые на основе прогноза денежных потоков от реализации РНТД, получить который на данном этапе анализа весьма проблематично.

Таким образом, остается только первый этап. Однако при этом возникает следующая проблема: пусть оцениваются, с точки зрения коммерческой значимости, РНТД-1 и РНТД-2, которые описываются следующим образом:

РНТД-1 = («незначительное влияние», «стадия НИР», «достаточно пригоден», «средняя степень влияния», «средний платежеспособный спрос», «соответствие экологическим стандартам»);

РНТД-2 = («среднее влияние», «стадия идеи», «достаточно пригоден», «незначительная степень влияния», «высокий платежеспособный спрос», «соответствие экологическим стандартам»).

Какой РНТД лучше с точки зрения коммерческой значимости?

С одной стороны, РНТД-2 превосходит РНТД-1 по первому и пятому атрибуту («среднее влияние» предпочтительнее, чем «незначительное влияние», и «высокий платежеспособный спрос» предпочтительнее, чем «средний платежеспособный спрос»), с другой стороны, РНТД-2 уступает РНТД-1 по второму и четвертому атрибуту («стадия НИР» предпочтительнее, чем «стадия идеи», и «средняя степень влияния» предпочтительнее, чем «незначительная степень влияния»).

В этих условиях выбрать «лучший» РНТД не представляется возможным.

*Количественный анализ.* Количественная оценка коммерческой значимости РНТД, основывается на оценке влияния РНТД на технический уровень продукции, в которой он используется или намечается к использованию, и на затраты, связанные с ее производством, с учетом степени разработанности РНТД.

Однако в рамках количественного анализа используются параметры, численные значения которых не вполне обоснованы. Например, неясно, почему в том случае, когда степень проработанности РНТД оценивается на уровне научной идеи, вероятность коммерческого успеха такого РНТД составляет 0,25.

Оценивая в целом предлагаемую методику, заметим, что существенной недоработкой рассматриваемой методики, на наш взгляд, является то обстоятельство, что качественный и количественный анализ РНТД проводится раздельно. Это не позволяет получить единую интегральную оценку РНТД с позиции количественных и качественных критериев.

Таким образом, для того чтобы более объективно проводить сравнительный анализ полученных научных результатов с точки зрения их пригодности к коммерческому использованию, требуется разработка таких методов оценки, которые позволили бы интегрировать в единую модель количественные и качественные оценки.

**Предлагаемый подход.** В настоящей статье предлагается метод решения вопроса оценки коммерческой значимости РНТД, увязывающий в единую модель качественные и количественные оценки научного результата.

Методологической основой предлагаемого подхода является анализ иерархических структур (МАИ), разработанный американским ученым Т. Саати<sup>3</sup>. С базовыми теоретико-методологическими положениями МАИ можно ознакомиться также по работам<sup>4,5</sup>.

В общем случае МАИ включает четыре этапа:

1. Построение иерархии проблемы.
2. Проведение оценки альтернатив (в нашем случае РНТД) с позиции критериев (атрибутов) оценки.
3. Определение «весов» критериев.
4. Проведение «иерархического взвешивания».

---

<sup>3</sup> Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.

<sup>4</sup> Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000. 368 с.

<sup>5</sup> Калугин В. А. Многокритериальные методы принятия инвестиционных решений. Спб. Химиздат, 2004. 211 с.

**Этап 1.** Построение иерархии проблемы. Интегральную оценку РНТД будем представлять следующей иерархической структурой (рис. 1).

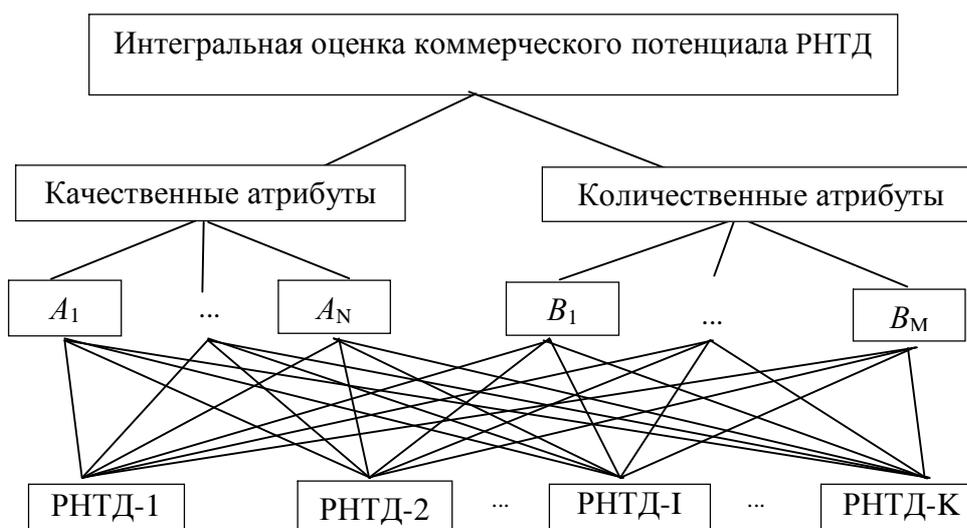


Рис. 1. Иерархия проблемы оценки коммерческого потенциала РНТД

**Этап 2.** На этом этапе необходимо определить функции оценки РНТД с позиции качественных и количественных атрибутов.

Оценка РНТД с позиции качественных атрибутов  $A = \{A_i\}$ . Для определенности рассмотрим процедуру получения оценок РНТД с позиции конкретного качественного атрибута  $A_i$ .

Начальным этапом этой процедуры является проведение серии парных сравнений РНТД и формирование обратносимметричной матрицы парных сравнений (табл. 1).

Таблица 1

Матрица парных сравнений РНТД относительно качественного критерия  $A_i$

$A_i$	РНТД-1	...	РНТД-1	...	РНТД-К
РНТД-1	1	...	$a_{1i}$	.	$a_{1k}$
...	...	...	...	...	...
РНТД-1	$a_{i1}$	...	1	...	...
...	...	...	...	...	...
РНТД-К	$a_{k1}$	...	$a_{ki}$	...	1

При построении этой матрицы эксперт в девятибалльной шкале отношений<sup>6</sup> проводит парные сравнения РНТД, каждый раз отвечая на вопрос: какой РНТД в сравниваемой паре более значим, чем другой, с точки зрения качественного атрибута  $A_i$ .

Например, сравнивая РНТД, с точки зрения качественного атрибута «ожидаемый платежеспособный спрос» ( $A_5$ ), эксперт должен решить, какой РНТД, как предполагается, будет иметь более высокий уровень платежеспособного спроса и насколько высокий.

Затем определяется главный собственный вектор этой матрицы:

$$W = (w_1, \dots, w_k). \quad (1)$$

<sup>6</sup> См. сноски 3,4,5

Компоненты этого вектора в случае согласованности матрицы определяют относительные оценки РНДТ для рассматриваемого критерия. Следовательно, функция оценки имеет вид (табл. 2).

Таблица 2

**Функция оценки РНДТ по качественному критерию  $A_i$**

РНДТ	РНДТ-1	...	РНДТ-1	...	РНДТ-К
$W(\text{РНДТ}/A_i)$	$W_1$	...	$W_1$	...	$W_K$

Оценка РНДТ с позиции количественных атрибутов  $B = \{B_i\}$ , проводится, исходя из оценки влияния РНДТ на технический уровень продукции, в которой он используется или намечается к использованию.

Функция оценки рассматриваемых РНДТ относительно каждого свойства-критерия строится аналогично рассмотренному выше. Однако, для каждого количественного критерия, элементы обратносимметричной матрицы парных сравнений устанавливаются не в соответствии с девятибалльной шкалой отношений, а определяются по формуле:

$$a_{ij} = V_i / V_j, \quad (2)$$

где  $V_k$  — количественная оценка  $k$ -го РНДТ с позиции рассматриваемого критерия.

*Пример.* Рассмотрим некоторый строительный материал (СМ). Пусть оцениваемые РНДТ влияют на технический уровень СМ, описываемый следующими технико-экономическими показателями (ТЭП): прочность при сжатии (кгс/см<sup>2</sup>); теплопроводность (ватт/м<sup>3</sup>); морозостойкость (кол. циклов); срок службы (год) (табл. 3).

Таблица 3

**Оценки РНДТ относительно количественных критериев**

Потребительские свойства-критерии	РНДТ-1	РНДТ-2	РНДТ-3	РНДТ-4
1. Прочность при сжатии, кгс/см <sup>2</sup>	75	90	78	80
2. Теплопроводность, ватт/м <sup>3</sup>	0,22	0,37	0,25	0,26
3. Морозостойкость, кол. циклов	35	38	37	36
4. Срок службы, лет	80	75	76	78

Рассмотрим критерий «прочность при сжатии», соответствующая обратносимметричная матрица парных сравнений РНДТ имеет вид (табл. 4).

Таблица 4

**Матрица парных сравнений РНДТ относительно критерия «прочность при сжатии»**

Прочность при сжатии	РНДТ-1	РНДТ-2	РНДТ-3	РНДТ-4
РНДТ-1	1	75/90	75/78	75/80
РНДТ-2	90/75	1	90/78	90/80
РНДТ-3	78/75	78/90	1	78/80
РНДТ-4	80/75	80/90	80/78	1

**Этап 3.** На этом этапе устанавливается степень важности (значимости) самих критериев (количественных и качественных). Для этого строится матрица парных сравнений самих критериев (табл. 5).





## INTEGRATED ESTIMATION OF COMMERCIAL POTENTIAL OF RESULT OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL ACTIVITY BASED ON ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

**V.A. KALUGIN**

*Belgorod  
State University*

*e-mail:  
Kalugin@bsu.edu.ru*

The brief analysis of various approaches to an estimation of results of scientific and technical activity (RSTA) is given. Difficulties of an estimation of the commercial potential RSTA, interfaced, first of all, with necessity of the account of different qualities effects are noted. The technique of carrying out of the qualitative and quantitative analysis most developed to the present time is considered. Its imperfections and a defect are noted. On the basis of system methodology of the analysis of hierarchical structures the method of calculation of the integrated estimation RSTA, allowing to consider within the limits of one model qualitative and quantitative estimations RSTA is offered.

Keywords: result of scientific and technical activity, commercial potential, qualitative and quantitative characteristics RSTA, a scale of measurements, hierarchy, a matrix of pair comparisons, a coordination, main own vector. the Analytic Hierarchy Process.

## К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

**В.Н. ХОДЫРЕВСКАЯ**  
**И.В. ПРИПАДЧЕВА**

*Курский государственный  
университет*

*e-mail:*  
*Schumacher1994-2006@yandex.ru*

В статье рассмотрена проблема формирования инвестиционной политики в экономических системах с учетом гетеронимных признаков, раскрывающих многоаспектность сущности данного понятия и применение матрицы стратегического выбора на базе матрицы влияния в качестве инструмента формирования инвестиционной политики.

Ключевые слова: инвестиционная политика, экономическая система, системный подход, матрица стратегического выбора.

---

В последние годы анализ показателей социально-экономического положения экономических систем неизменно обнаруживает продолжающуюся деградацию индустриальных производительных сил и нарастание системной отсталости. Как следствие, ухудшился инвестиционный климат, снизилась инвестиционная активность и обострились многие финансово-инвестиционные проблемы России. Для преодоления спада в экономике России и создания объективных предпосылок устойчивого экономического роста актуальным становится эффективное распределение имеющихся в распоряжении государства ограниченных финансовых ресурсов инвестиционного назначения. В связи с этим необходимо осуществлять поиск путей повышения эффективности экономических систем в таких направлениях, как инвестиционная политика.

Современная экономическая наука использует широкий спектр подходов для исследования управленческих процессов, призванных обеспечивать функционирование инвестиционной составляющей экономической системы. Так, например, использование системного подхода, выступающего как конкретизация принципов диалектики, позволяет проектировать и конструировать объекты как сложные открытые системы, состоящие из подсистем и элементов. Система в силу способностей к развитию обладает определенными свойствами: целостностью, упорядоченностью, стабильностью, изменчивостью, устойчивостью, подвижностью, противоречивостью. С опорой на теорию Л. фон Берталанфи «о специально-научном исследовании различных типов систем, закономерностей их существования, функционирования и развития»<sup>1</sup>, нами выявлено шесть основных структурных элементов «инвестиционной политики»:

- содержание – система государственных мер косвенного (рыночного) и прямого (административного) воздействия на поведение хозяйствующих субъектов;
- параметры – система национальных счетов;
- субъекты – государство и его институты, негосударственные субъекты;
- цели – стабильность, экономический рост;
- механизмы – финансовая политика;
- направления – конъюнктурная, структурная, региональная, социальная и др. политики.

Анализ проблем формирования инвестиционной политики в условиях инновационного развития экономической системы позволил высказать предположение о том, что одним из препятствий является недостаточная исследованность ее видового состава с учетом гетеронимных признаков, раскрывающих многоаспектность сущности инвестиционной политики.

---

<sup>1</sup> Блауберг И.В. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. С.230.

Некоторые аспекты классификации инвестиционной политики получили развитие в трудах зарубежных ученых-экономистов. Вильям Ф. Шарп<sup>2</sup> считал, что важным признаком, характеризующим инвестиционную политику, является организационно-правовая форма инвестиционных компаний. Другой точки зрения придерживаются Ф. Фабоцци<sup>3</sup> и Дж. К. Ван Хорн<sup>4</sup>. Суть их взглядов состоит в том, что инвестиционная политика различается по основным классам активов (акции, облигации, недвижимость, иностранные ценные бумаги). Колб Р.В.<sup>5</sup>, поддерживая точку зрения Ф. Фабоцци, утверждает, что необходимо также разделять инвестиционную политику по степени риска (безрисковая, низкорисковая, среднерисковая, высокорисковая). Однако предложенные учеными идеи не отражают комплексного подхода к видовому составу инвестиционной политики.

Авторы пришли к выводу о необходимости систематизации признаков классификации и, что важно, предложили систему классификационных признаков типологического упорядочения видов инвестиционной политики, позволяющую разработать методику выбора оптимального инструментария целенаправленного воздействия на субъекты и объекты инвестиционной деятельности (рис. 1).

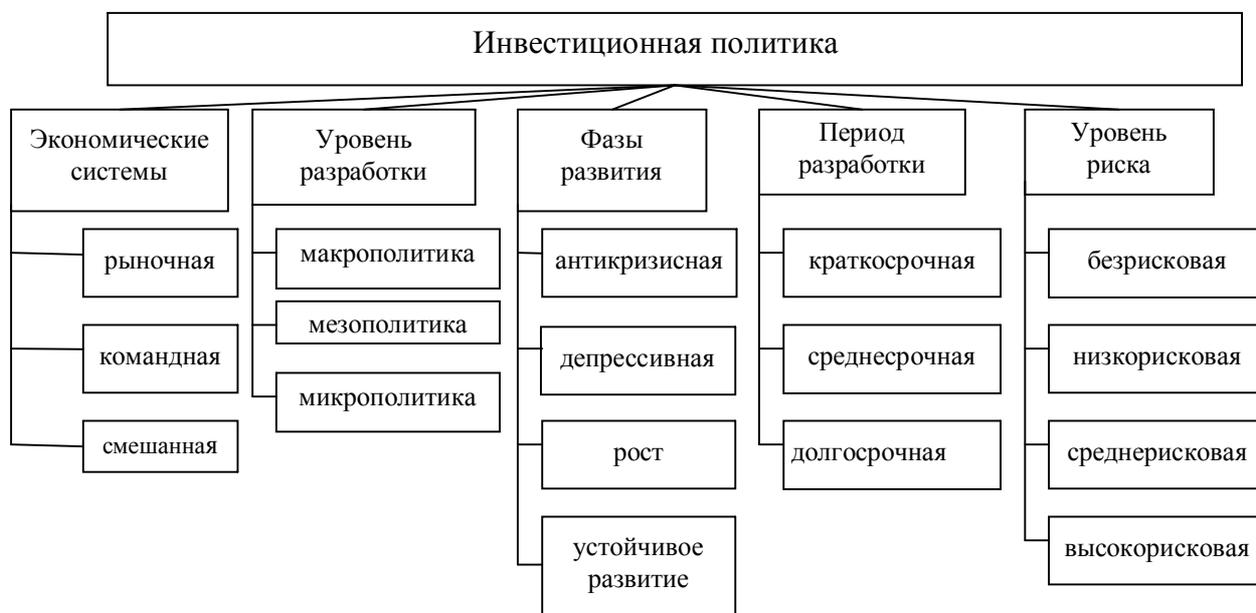


Рис. 1. Виды инвестиционной политики

Кроме того, в данном исследовании предложена матрица стратегического выбора, построенная на базе матрицы влияния. В дополнение к модели стратегического выбора, появляется аналитическая надстройка качественно более высокого уровня, позволяющая ответить на вопросы: как именно осуществляет деятельность экономическая система, из каких элементов она реально состоит, без чего нет адекватного понимания организационных процессов. На рис. 2 представлен порядок анализа стратегического влияния элементов инвестиционной политики.

<sup>2</sup> Шарп Вильям Ф. Главные инвестиционные стили // *Jornal of Portfolio Management*. 1978. 4. №2. Р. 68.

<sup>3</sup> Фабоцци Ф. Управление инвестициями. М.: ИНФРА-М, 2000. С. 3.

<sup>4</sup> Ван Хорн Дж. К. Основы управление финансами. М.: Финансы и статистика, 2003. С. 364.

<sup>5</sup> Колб Р.В. Финансовый менеджмент. М.: Финпресс, 2001. С. 496.

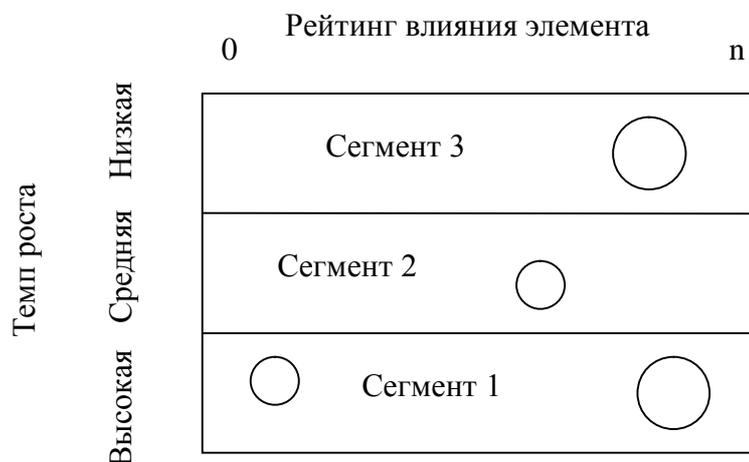


Рис. 2. Матрица стратегического влияния «Рейтинг влияния элемента / темпы роста»

По осям матрицы фиксируются темпы роста конкретного элемента и рейтинг его влияния на экономическую систему от 0 до  $n$  в зависимости от количества элементов. Рейтинг определяется после построения матрицы влияния элемента. Каждый элемент представлен в виде кружка, размер которого определяется рейтингом влияния элемента на экономическую систему.

Закрепленные в данной матрице сегменты предполагают выбор типа инвестиционной политики в зависимости от фазы развития экономической системы: сегмент 1 – высокий темп роста – показывает направленность стратегии на развитие экономической системы, то есть выбора инвестиционной политики роста; сегмент 2 – средний темп роста – выражает зависимость выбора стратегии для экономической системы от рейтинга влияния элемента и дальнейшего изменения ситуации в экономической системе, (инвестиционная политика устойчивого развития); сегмент 3 – низкий темп роста – показывает направленность стратегии на ликвидацию, то есть применение антикризисной инвестиционной политики.

Предложенный инструментарий имеет особо важное значение по отношению к такому уровню разработки инвестиционной политики, как мезополитика (см. рис. 1). Это, по нашему мнению, связано с потребностью разработки в России не только инвестиционного механизма, но и региональной инвестиционной политики, основанной на общегосударственных принципах, учитывающей специфику конкретного субъекта и нацеленной на обеспечение устойчивого экономического роста.

## TO QUESTION OF INVESTMENT POLICY FORMATION IN ECONOMIC SYSTEM

**V.N. HODYREVSKAYA**

**I.V. PRIPADCHEVA**

*Kursk State University*

*e-mail:*  
*Schumacher1994-2006@yandex.ru*

In this article is examined the problem formation of investment policy in economic systems by consider various indications that reveal the polyaspect of essence this concept and application of matrix of strategic selection as instrument formation of investment policy.

Key words: investment policy, economic system, systems approach, matrix of strategic selection.

## ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

**О.А. ЧЕРНОВА**

Новошахтинский филиал  
Южного федерального  
университета

e-mail:  
chernovaolga71@mail.ru

Рассматривается возможность обеспечения сбалансированного развития региона за счет перераспределения ресурсного потенциала его территориальных образований. Предлагается алгоритм создания сетевой структуры взаимодействия муниципальных образований, позволяющей обеспечить включение отстающих территорий в процессы инновационного развития. Показано, как полученная структура позволяет увязать ресурсные возможности отдельных территорий в системе регионального воспроизводства.

Ключевые слова: логистический подход, поток инновационных ресурсов, сбалансированное инновационное развитие, инновационный кластер.

---

В настоящее время идеи о том, что всякое инновационное развитие осуществляется в пространственных координатах, все более укореняются в науке и практике регионального управления. В частности, категория «пространственное развитие» оказалась прочно связанной с содержанием «стратегического планирования» через инструментальное понятие «пространственное планирование»<sup>1</sup>. Это означает, что развитие, а не просто воспроизводство, возможно только в том случае, если количественное представление о тенденциях инновационных процессов будет дополнено характеристикой пространственных взаимосвязей. В этом контексте развитие инновационной экономики следует рассматривать как развитие регионального «пространства инноваций». В пределах этого пространства компаниям целесообразно предлагать, а потребителям приобретать определенные продукты. Однако совокупность отношений, возникающих между элементами экономической системы в рамках «пространства инноваций», не может быть сведена только к вопросам взаимодействия между поставщиками и потребителями. Обоснованное решение проблемы сбалансированного внутрирегионального развития предполагает разрешение противоречий между стратегическими интересами региона, ориентированными на получение долговременного социально-экономического эффекта, и частными интересами хозяйствующих субъектов, стремящихся получить прибыль в краткосрочном периоде и ограничивающих круг своей ответственности только теми задачами, которые непосредственно связаны с технологическим профилем отрасли. В результате, приток кадров, финансового капитала и других ресурсов, сопутствующий реализации инновационного проекта в одном муниципальном образовании, может привести к снижению инновационного потенциала других.

В связи с этим представляется актуальным переосмысление подходов к управлению инновационным развитием региональной экономики с точки зрения ресурсного обеспечения инновационной деятельности. Отметим, что под инновационной деятельностью мы понимаем *особую форму организации экономической системы, обеспечивающую генерацию и аккумуляцию потоков инновационных ресурсов*. Поток инновационных ресурсов мы определим как направленное движение ресурсов, порождаемое инновационным развитием региональной экономической системы, как в пределах муниципального образования, так и вне его. Необходимость тесной увязки стратегических задач инновационного развития территории с их ресурсным обеспечением обуславливает применение логистического подхода, который в условиях

---

<sup>1</sup> Глазычев В.Л. Россия: принципы пространственного развития // Аналитический доклад ЦСИ ПФО, 2004. URL:[http://www.glazychev.ru/projects/2004\\_ProstRazv/2004\\_DocladProstRazv.htm](http://www.glazychev.ru/projects/2004_ProstRazv/2004_DocladProstRazv.htm) (дата обращения 15.12.2008)



дефицита инновационных ресурсов позволит обеспечить сбалансированное развитие и укрепление социально-экономического потенциала региона.

В современной логистике хорошо изучены проблемы формирования и распределения ресурсных потоков на микроуровне. На мезоуровне данные вопросы рассматриваются, как правило, только в отраслевом разрезе, не учитывая пространственное взаимодействие субъектов хозяйствования<sup>2</sup>. Это приводит к тому, что в результате движения потоков инновационных ресурсов в регионе образуются территории, где их концентрация в определенный момент времени является больше необходимой для эффективного развития: увеличивается предложение труда, в том числе в сферах деятельности, не обеспечивающих развитие инновационного потенциала; растет неоправданная конкуренция. В этих условиях основная задача регионального планирования будет заключаться в том, чтобы из имеющегося множества муниципальных образований выделить те, которые, нуждаются в инновационном развитии и не имеют для этого достаточного потенциала, и муниципальные образования, обладающие избыточным инновационным ресурсом. При наличии инновационного проекта следует обеспечить движение ресурсных потоков таким образом, чтобы произошло перераспределение ресурсов из места их избыточной концентрации в места, где их не хватает, другими словами, синхронизировать потребности в инновационных ресурсах с потоком данных ресурсов. Соответственно, эффект региональной стратегии инновационного развития в значительной мере будет определяться оптимальным пространственным и целевым размещением инновационных ресурсов, а также уровнем их концентрации на эндогенном (внутреннем) потенциале региона.

Решение данной задачи в общем виде формулируется следующим образом. Пусть в регионе имеются природные, материальные, трудовые и финансовые группы ресурсов, каждой из которых будет соответствовать свое значение интегрального показателя ( $W, X, Y, Z$ ). Под природными ресурсами понимаются земля и полезные ископаемые, неотделимые от данной местности, поэтому они будут рассматриваться как имманентная (неотъемлемая) характеристика территории, не задействованная в ресурсном потоке. Имеются данные о состоянии ресурсного потенциала муниципальных образований, используемого для осуществления  $M$  инновационных проектов, причем каждый ресурс группы  $i$ -го муниципального образования ( $i=1,2,\dots,N$ ) может быть использован в  $j$ -м проекте ( $j=1,2,\dots,M$ ) с социально-экономическим эффектом  $q_{ij}$ . В качестве показателей, характеризующих инновационный проект, выберем потребность в материальных, трудовых и финансовых ресурсах для его реализации. В результате, ресурсоемкость  $j$ -го инвестиционного проекта можно определить как функцию  $y_j = f(w_j, x_j, y_j, z_j)$ .

Для решения задачи оптимизации ресурсных потоков первоначально необходимо выполнить оценку ресурсного потенциала муниципальных образований территории  $I_i$ . Предположим, что ни одно из имеющихся отдельно взятых муниципальных образований не имеет в полном объеме всех ресурсов, необходимых для реализации данного проекта, требуемые ресурсы рассредоточены на всей территории региона. Реализация проекта в конкретном муниципальном образовании становится возможной в результате управления ресурсными потоками, при этом должно быть обеспечено выполнение следующих условий:

- наличие минимально необходимого уровня инновационного потенциала для реализации отраслевых интересов;
- соблюдение интересов регионального развития с позиций обеспечения сбалансированности.

Поскольку существует несколько альтернативных вариантов распределения ресурсных потоков, необходимо принять оптимальное решение, которое обеспечит повышение инновационного потенциала как самого муниципального образования, так и региона в целом. Для этого, на основании оценки ресурсного потенциала, стро-

---

<sup>2</sup> Шинкевич М.В. Теоретико-методологические основы оценки логистического потенциала промышленного комплекса региона. Казань: КГТУ, 2007. 179 с.

ится матрица, где в ячейках таблицы для каждого муниципального образования указывается значение избыточного ресурса (табл. 1).

Таблица 1

**Матрица значений избыточных (недостающих) ресурсов муниципальных образований**

Составляющие потенциала	Муниципальное образование 1	Муниципальное образование 2	...	Муниципальное образование N
Кадровая (научная)	+X <sub>a</sub>	-X <sub>b</sub>		-X <sub>n</sub>
Материальная	-Y <sub>a</sub>	+Y <sub>b</sub>		+Y <sub>n</sub>
Финансовая	+Z <sub>a</sub>	-Z <sub>b</sub>		-Z <sub>n</sub>

С целью обеспечения потребности в ресурсах для реализации проекта инновационного развития в конкретном муниципальном образовании следует решить распределительную задачу типа транспортной. При этом необходимо учитывать стоимость потока каждого вида ресурсов, который будет складываться из непосредственной стоимости ресурса и транзакционных издержек по его перемещению. Выделенные муниципальные образования, между которыми осуществляется перераспределение ресурсов, формируют так называемый *инновационный кластер*. Результатом функционирования кластера является значение инновационного потенциала, необходимое для реализации конкретного проекта, обеспечивающего социально-экономическое развитие территории без ущерба для других, за счет которых осуществляется перераспределение ресурсов, и региона в целом. Обязательными условиями функционирования такого кластера являются:

- наличие необходимого объема ресурсов для инновационного развития, в том числе возможное их сосредоточение на отдельных объектах;
- решение задачи оптимизации распределения потока ресурсов;
- взаимоувязанность интересов участников инновационного распределения со стратегией регионального развития.

При рассмотрении возможности реализации нескольких проектов решение данной задачи осуществляется поэтапно в порядке их социальной значимости.

Схема возможного взаимодействия муниципальных образований представлена на рис. 1.

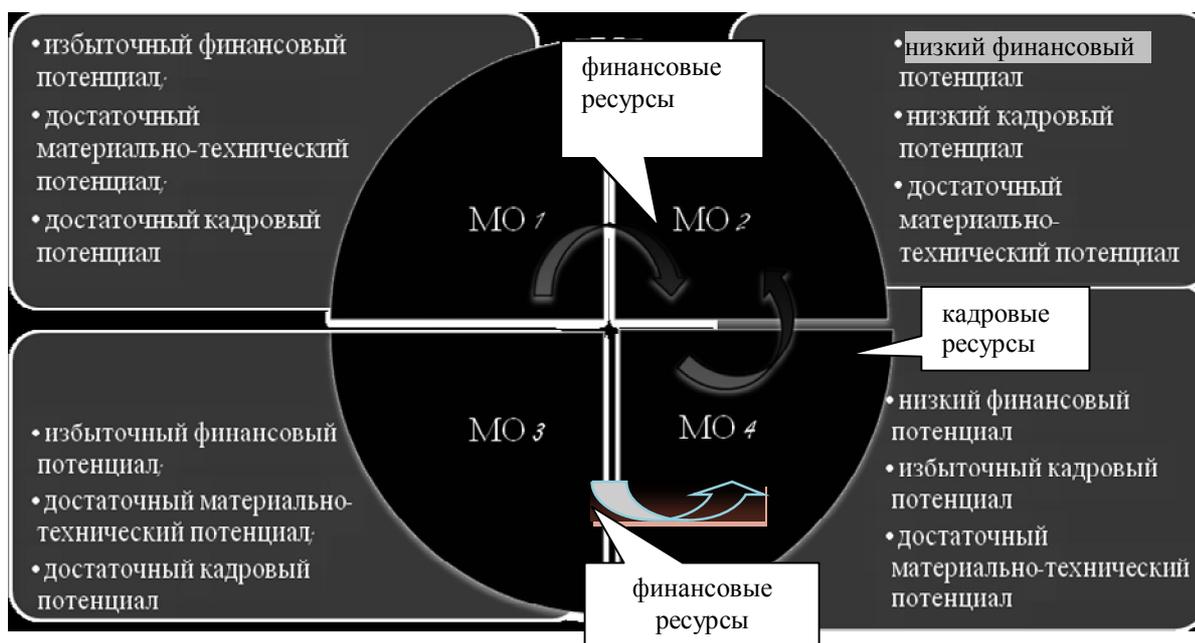


Рис. 1. Схема взаимодействия муниципальных образований по распределению ресурсов для реализации проекта инновационного развития



Например, инновационное развитие муниципальных образований МО2 и МО4, не обладающих достаточным инновационным потенциалом, может быть достигнуто в результате формирования инновационного кластера МО1-МО2-МО4 и МО3-МО4. Такое взаимодействие особенно эффективно в том случае, если МО1 и МО3 ограничены в земельных ресурсах, необходимых для размещения производств, или цена за использование данного ресурса значительно выше, чем в МО2 и МО4.

Важно отметить, что различия в уровне социально-экономического развития территорий и их инновационного потенциала не являются препятствием к развитию интеграционного взаимодействия между ними, поскольку эффективное использование сильных сторон отдельных муниципальных образований, входящих в кластер, дает дополнительный эффект и, таким образом, способствует региональным процессам роста. Особенно важно, что субъекты инновационной деятельности, находясь в территориальной близости друг о друга, могут формировать взаимодополняющие инфраструктурные элементы, тем самым экономя время и средства на создание собственных. Так, города, отличающиеся низким значением социально-экономических показателей, как правило, имеют ресурсы, которые потенциально могут быть использованы в проектах инновационного развития: омертвленный капитал убыточных предприятий (производственные фонды и площади); земельные участки, непригодные для сельскохозяйственного использования<sup>3</sup>. Чтобы постоянно пользоваться преимуществами синергетического эффекта, необходимо прилагать значительные усилия по стимулированию интеграционных процессов в региональных системах, укрепляя связи между отдельными муниципальными образованиями. Иными словами, региональная система должна формироваться как некоторая сетевая структура, включающая все территориальные образования.

В целом, построение стратегии инновационного развития региона на принципах логистического подхода будет включать следующие этапы:

1. Оценка текущего состояния инновационного потенциала отдельных муниципальных образований региона, анализ узких мест, факторов, влияющих на их формирование, оценка перспектив отраслевого развития.
2. Определение задач и направлений инновационного развития муниципальных образований.
3. Разработка, анализ и выбор проектов отраслевого развития, лежащие в основе решений о перспективах инновационного развития отдельных муниципальных образований. Формирование портфеля инвестиционных проектов на основе сопоставления уровня реализации интересов отраслевого и регионального развития, обеспечение их синхронизации.
4. Установление способов координации деятельности и типов взаимодействия отдельных элементов региональной системы по распределению ресурсных потоков.
5. Реализация инновационных проектов.
6. Оценка достигнутого уровня социально-экономического развития и его соответствие поставленным целям. Выработка корректирующих действий.

Алгоритм планирования инновационного развития региона можно представить в следующем виде:

---

<sup>3</sup> Нехаев С.А. Формирование программ социально-экономического развития регионов России в условиях глобализации мировой экономики // Финансы.ru: Интернет-журнал. 30.09.04. URL: <http://www.finansy.ru/publ/tax/003.htm> (дата обращения 15.12.08)

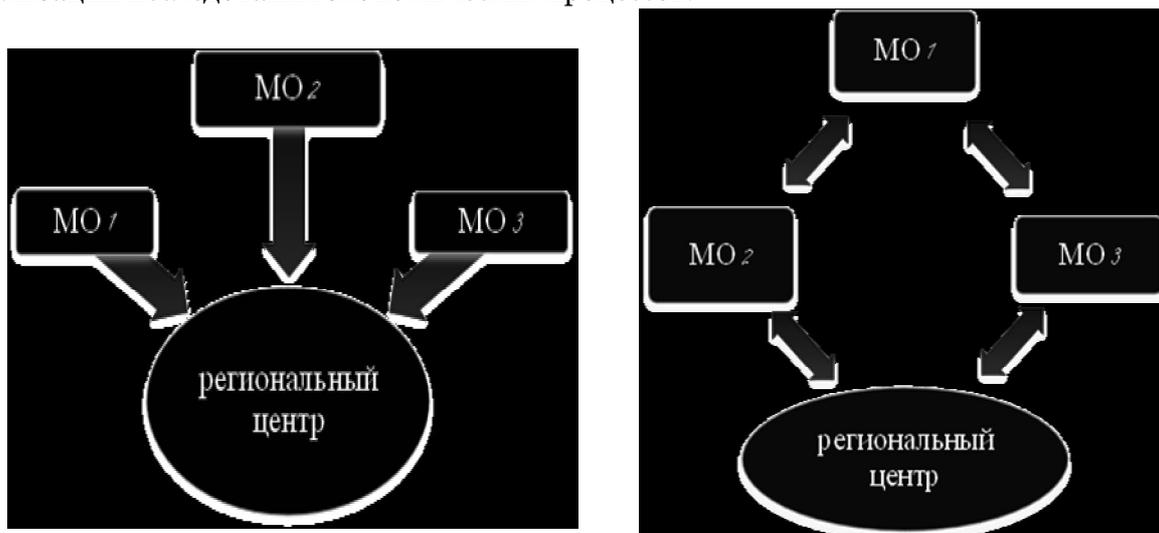


Рис. 2. Алгоритм планирования инновационного развития региона на основе логистического подхода

Новизна предлагаемого подхода заключается в смене целевых ориентиров с приоритетного развития крупных промышленных центров, аккумулирующих инновационный потенциал региона, к сбалансированному развитию всех территориальных образований за счет перераспределения их ресурсного потенциала. Логистический подход к управлению инновационным развитием региональной экономики сдвигает фокус с планирования «от возможностей» к планированию «от стратегических интересов региона». При этом деятельность по инновационному развитию региона не просто расширяется, а рассредоточивается по региональному пространству и ориентируется на перспективу. Направление движения ресурсных потоков в регионе при различных приоритетах инновационного развития изображено на рис. 3.

Итак, сущность логистического подхода к управлению инновационным развитием региона состоит в выделении функции управления прежде нерегулируемыми ресурсными потоками и обеспечении интеграции отдельных потенциально инновационных субъектов экономических отношений в единую систему. Несомненно, выделение ресурсного потока в качестве объекта управления несколько упрощает видение процессов инновационного развития экономики, что позволяет ставить и решать задачи управления ресурсным обеспечением инновационных процессов с целью сба-

лансированного развития региональной экономической системы. Абстрагирование от ряда факторов (социально-экономических, политических) позволяет существенно сократить размерность задач моделирования, открывая новые возможности формализации исследования экономических процессов.



а) обеспечение приоритетного развития  
«полосов роста»

б) обеспечение сбалансированного развития  
территории

Рис. 3. Направления ресурсных потоков при различных приоритетах инновационного развития

Формирование инновационных кластеров позволяет решить проблему сбалансированного регионального развития, обеспечив включение территорий с низким уровнем развития в инновационные процессы. Включение в инновационный кластер муниципальных образований с более высоким и более низким инновационным потенциалом позволяет также выявить возможные перспективы развития региона, позволяет определить возможные направления усиления его инновационного потенциала на основании формирования инновационного профиля и зонирования (удовлетворительное и неудовлетворительное состояние).

Предлагаемая схема взаимоувязки задач сбалансированного внутрирегионального развития построена на логической и системной основе. Системность построения заключается не только в том, что в ее основе лежит системная концепция регионального развития, но и в том, что предполагается наличие прямых и обратных связей между ее элементами, как отраслевыми, так и территориальными. Принципиально важно, что повышение интегрального значения инновационного потенциала региона достигается не только за счет увеличения объема производимого инновационного продукта отдельными промышленно-развитыми центрами, но и по причине максимально полного задействования инновационных ресурсов всех муниципальных образований региона.

Таким образом, применение логистического подхода к управлению инновационным развитием региональной экономики позволит:

- получить представление о регионе как о развивающейся системе, в которой происходят как изменение характеристик инновационных процессов в результате изменения внешней среды, так и обратное воздействие процессов инновационного развития на регион;



- увязать ресурсные возможности как отдельных отраслей народного хозяйства, так и отдельных муниципальных образований с результатами их использования в системе регионального воспроизводства;
- установить оптимальную схему распределения ресурсных потоков между отдельными звеньями региональной системы с расчетом их величины и структуры в инновационных кластерах;
- обеспечить эффективное встраивание отстающих территорий в процессы регионального воспроизводства.

## LOGISTICAL APPROACH TO MANAGEMENT OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF REGIONAL ECONOMY

**O.A. CHERNOVA**

*Novoshakhtinsk Branch  
of Southern Federal  
University*

*e-mail:  
chernovaolga71@mail.ru*

The opportunity of maintenance of the balanced development of regions due to redistribution of the resource potential of their territorial formations is considered in the article. The arrangement of the network structure of the municipal formations interaction is offered. The structure provides the less developed territories involvement in the process of innovative development. The article illustrates how the designed structure coordinates the resource opportunities of separate territories in the system of regional reproduction.

Key words: logistical approach, stream of innovative resources, balanced innovative development, innovative cluster.

---

# РЫНОК ТРУДА И ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ

---

УДК:339.5

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЕМКОСТИ МЕГАРЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ АКАДЕМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**И.А. ДУДИНА**

*Волгоградский  
государственный  
университет*

*e-mail: dudina777@gmail.com*

В статье показаны подходы к определению емкости мегарегиональных рынков академических услуг и товаров (УТ) Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона с помощью коэффициентов концентрации производства, оценочной шкалы Бейна и индекса Гиршмана-Герфиндаля. Проведен сравнительный анализ стартовых позиций и динамики емкости австралийского и российского сегментов рынков terciарного образования, сделаны выводы о факторах, препятствующих росту доли России на международном рынке академических УТ.

Ключевые слова: емкость рынка академических услуг и товаров, мегарегиональный рынок, terciарное образование, чистый показатель мобильности, концентрация производства, индекс концентрации производства Герфиндаля-Гиршмана, сегментация рынка, академический экспорт.

---

Исследователи рынка академического образования всегда говорили о его специфичности, суть которой заключается в двойственной экономической природе академических услуг и товаров (УТ). П. Друкер<sup>1</sup>, Л. Н. Сосновская<sup>2</sup>, А. П. Панкрухин<sup>3</sup>, М. А. Лукашенко<sup>4</sup> и многие другие ученые<sup>5</sup> относят их к категории «смешанных» редких общественных

---

<sup>1</sup> Друкер П.Ф. Задачи менеджмента в XXI веке. М.: Издат. Дом "Вильямс", 2003. С. 49, 80.

<sup>2</sup> Сосновская Л.Н. Рыночная оценка затрат и результатов в высшем образовании // Вуз и рынок. М., 1992. Кн. 1. С. 303–304.

<sup>3</sup> Панкрухин А.П. Маркетинг образовательных услуг. М.: Интерпракс, 1995. С.142–143.

<sup>4</sup> Лукашенко М.А. Рыночные отношения в системе образования России. М.: ИНИОН РАН, 2001. С. 20–21.

<sup>5</sup> Кондаков А.М. Перспективы развития международной деятельности высшей школы // Интер-куррьер. Информационно-аналитический бюллетень Центрально-черноземного регионального центра международного академического и делового сотрудничества. Воронеж, 1999. С. 6; Шереги Ф.Э., Дмитриев Н.М., Арефьев А.Л. Научно-педагогический потенциал и экспорт образовательных услуг российских вузов. М.: Центр социального прогнозиро-



благ: с одной стороны, общеобразовательный и фундаментальный цикл подготовки кадров соответствует требованиям чистого общественного блага, с другой стороны, профессиональный и специальный циклы подготовки удовлетворяют требованиям частного. Ряд важных эффектов глобализации академических систем (неолиберализация, массификация и трансформация высшего образования в терциарную форму<sup>6</sup>) склоняет чашу весов в пользу его трактовки как частного блага, но одновременно повышает его общественную значимость и, следовательно, ответственность государств за финансирование, регулирование и конкурентоспособность академической сферы<sup>7</sup>.

В связи с тем, что так называемые выгоды глобализации только подчеркивают неравенство инвестиционных, институциональных, организационных и информационных ресурсов стран, существует проблема определения емкости как мирового, так и мегарегиональных академических рынков. Без решения данной проблемы трудно говорить о целерациональном реформировании национального образования в соответствии с мировыми стандартами, а также о выработке государственной стратегии экспорта российского академического образования.

Действительно, актуальное толкование свойств академического образования представляет его как объект рыночной деятельности вузов «с ориентацией на запрос» бизнеса, общественных институтов и науки<sup>8</sup>. Товарная форма академических продуктов определяется на основе категории норм результативности государственных и частных инвестиций в академическую сферу, массы потребительной стоимости (определяемой по паритету покупательной способности), а также качества и конкурентоспособности основной единицы сравнения уровней академического образования – академической программы. В соответствии с индексами, разработанными Международным институтом статистики ЮНЕСКО (UNESCO International Institute for Statistics), ежегодно проводится сравнение конкурентоспособности стран и мегарегионов в производстве академических продуктов, что позволяет определять занимаемую ими долю на мировом академическом рынке.

Для характеристик емкости этого рынка используются разнообразные, но, в основном, описательные подходы, которые отражают рассмотренную выше неопределенность отношения к товарной составляющей академического образования и недооценку институционального рыночного механизма академической торговли.

Не отрицая социальную значимость академического образования, неолиберализм рассматривает его как отрасль производства знаний и кадров. Субъекты академического производства устанавливают в ней свои институциональные нормы и правила, предпочтения и ограничения. Для институционального регулирования рыночных взаимодействий стран в этой области в рамках концепции академического неолиберализма ВТО уже давно применяет такие институциональные инструменты, как Генеральное соглашение по торговле услугами (GATS) и Соглашение о торговых аспектах прав интеллектуальной собственности (TRIPS)<sup>9</sup>.

Мы согласны с А.В. Бузгалиным в том, что этот подход содержит противоречия: академический рынок является фактором развития образовательных систем, но характеризуется неустойчивостью социальных отношений и структур в этой сфере. Развитие такого приобретенного фактора, как образование, зависит от размера инвестиций в него, следовательно, преимущество здесь имеют богатые страны, а способность менее развитых

---

вания, 2002. С. 21; Inglehart R. Culture Shift in Advanced Industrial Society. Princeton: Princeton University Press, 1989. P. 151; Robertson J. Future Wealth. A New Economics for the 21<sup>st</sup> Century. L. N.Y., 1990. P.13.

<sup>6</sup> Tertiary Education for the Knowledge Society. OECD Thematic Review of Tertiary Education: Synthesis Report. April 2008. – Paris: OECD, 2008. P. 2-3.

<sup>7</sup> Philip G. Altbach. Globalization and Forces for Change in Higher Education // International Higher Education. P. 2-4. The Boston College Center for International Higher Education. № 50, Winter 2007. P. 3.

<sup>8</sup> Фурсенко А.А. Поддержка образования – ключевая мера по развитию инновационной экономики / Модернизация экономики и государства. М.: Издательский дом ГУ ИШЭ, 2007. С. 92.

<sup>9</sup> Дудина И.А. Россия в ВТО: условия, приоритеты и ограничения внешнеэкономической деятельности вузов / Новые тенденции в развитии интеграционных процессов в образовании и науке: российская и мировая практика. Ростов-на дону: Издательство Ростовского университета, 2005. С. 53-61.

стран защищать свой образовательный рынок от негативного внешнего воздействия ограничена<sup>10</sup>.

В современной ситуации на международном рынке академических услуг, с одной стороны, есть возможность свободного перелива капиталов и интеллектуальных ресурсов, с другой – присутствует феномен авторитаризма со стороны ВТО, которая претендует на роль глобального регулятора торговли услугами высшего образования, строит экономическую власть на расчете выгод и издержек, а влияние – на агрессивной политике академической интервенции. Для нашей страны это тем более тревожно, так как показатель отдачи от высшего образования у нас остается на уровне 4% (США – 10%, в Чехии – 7%)<sup>11</sup>.

Можно предположить, что при открытии академического сектора России в случае присоединения к GATS качество российского человеческого капитала привлечет в него инвестиции в расчете на экономию от масштаба и специализации при условии, что продукты нашего образовательного производства будут сопровождаться объективными стандартами результата. Но реализация образовательного потенциала на современном международном рынке УТ и рынках труда разного уровня невозможна без измеримой академической и профессиональной, корпоративной и информационной мобильности интеллектуальных ресурсов<sup>12</sup>. Для России это пока нерешенная проблема.

Следует также подчеркнуть, что до сих пор наше академическое образование, строго говоря, не является коммерческой деятельностью, поэтому очевидны противоречия: между рыночным подходом к образованию и отношением к нему как общественному благу; между повышением ответственности университетов за результат государственного венчурного финансирования и отсутствием механизма измерения этого результата; между слабой методической и материально-технической базами вузов и необходимостью ускоренно развивать все уровни terciарного образования в связи с потребностями рынка труда в новых квалификациях<sup>13</sup>. Очевидно, что разрешение этих противоречий невозможно без государственного целевой ориентации на изменение направлений и параметров результативности нашей подготовки к полноценному участию в мировом рынке УТ, а значит, ориентации на конкурентоспособность. Для определения параметров конкурентоспособности академической системы, ее экспортного потенциала необходимо понимание места этой системы на мировом академическом рынке.

Признается, что структурное и содержательное многообразие международного взаимодействия спроса и предложения на академические продукты вызывает необходимость оптимального сочетания государственных национальных и наднациональных механизмов управления производством академических УТ с его рыночным саморегулированием. Важное место занимает оценка вклада рынков академического образования в экономическое и социальное развитие стран. Тот факт, что 24 страны мира участвовали в проекте ОЭСР по сравнительному анализу эффективности своих государственных политик в области финансирования академического образования и международной торговли его услугами в период 2004-2008 гг., говорит о пристальном внимании к оправданности инвестиций в эту сферу. Она является одной из приоритетных, оказывающей влияние на конкурентоспособность национальных экономик<sup>14</sup>.

Мы определяем международный рынок академических УТ как рынок неотчуждаемых от микро– и макропроизводителей нематериальных услуг (академических программ) и отчуждаемых материальных товаров (интеллектуальных академических

<sup>10</sup> Бузгалин А.В. Альтерглобализм: к теории феномена / Альтерглобализм: теория и практика «антиглобалистского движения» / под ред. А.В. Бузгалина. М.: Едиториал УРСС, 2003. С. 57-63.

<sup>11</sup> Россия и ВТО: мифы и реальность. Клуб 2015 и Центр экономических и финансовых разработок. Июль 2001. С. 21. Режим доступа: [www.cefir.ru](http://www.cefir.ru).

<sup>12</sup> Ивахнюк И. В. Новая модель управления трудовой миграцией из стран СНГ в России // Научные ведомости БелГУ. С. 226-231. Серия Экономика. № 10 (50) 2008. Выпуск 8. С. 230.

<sup>13</sup> Дудина И.А. Современные тенденции развития международного рынка академических услуг и товаров // Вестник Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3. Экон. Экол. 2009. № 1 (14). С. 98 -106.

<sup>14</sup> Tertiary Education for the Knowledge Society. OECD Thematic Review of Tertiary Education: Synthesis Report. April 2008. – Paris: OECD, 2008. P. 15-20.

активов на бумажных и электронных носителях), которые являются основными объектами купли-продажи. Мезоуровни, существующие между производителями и потребителями академических благ в виде образовательных институтов, организаций и агентств, обеспечивают связь между спросом и предложением на мегарегиональных рынках<sup>15</sup>.

Спрос на международные академические УТ отличается глубокой сегментацией покупателей по доходу, возрасту, ценностным и географическим ориентирам, мотивам, индивидуальным потребностям и степени дифференциации УТ. Предложение характеризуется разнообразием ценовых параметров, направленности, качества, доступа и результата академического образования, которые одновременно являются параметрами его конкурентоспособности.

Емкость рынка академических УТ может определяться с помощью коэффициента концентрации производства (CR-n), равного суммарной доле (%) в общем объеме реализации определенного числа (n) крупных товаропроизводителей, и индекса концентрации производства Герфиндаля-Гиршмана (НИИ), который рассчитывается как сумма квадратов долей всех производителей, действующих на рынке:  $НИИ = (S_1)^2 + (S_2)^2 + \dots + (S_n)^2$ , где  $S_i$  – доля продаж  $i$ -го товаропроизводителя, выраженная в процентах:  $i = 1, 2, n$ . Коэффициент концентрации представляет собой сумму долей (в процентах) 3-х (CR-3), 4-х (CR-4), 7-и (CR-7), 20-и (CR-20) или другого принятого количества крупнейших производителей.

Если при расчете показателей концентрации на товарном рынке за основу принимается рыночная доля производителей товарной продукции (экономической единицей при этом выступает единица товара), то, в случае с исследованием рынка академических услуг, за экономическую единицу принимается студент, являющийся единичным показателем объема. В соответствии с Международной стандартной классификацией образования (сектор С), в расчет принимаются студенты всех форм обучения, независимо от субъективной принадлежности внесенных за обучение средств – государственных или личных.

Коэффициент концентрации производства (CR-5), равный суммарной доле (%) в общем объеме реализации определенного числа (n) крупных товаропроизводителей, характеризует рынок академических услуг как низко-, средне- и высококонцентрированный. Для оценки степени монополизации рынка на практике чаще используется трехпороговая оценочная шкала Бейна. В соответствии с ней выделяются четыре типа рынка:

- а) высококонцентрированные олигополии, где CR-4 выше 65% и CR-8 выше 85%;
- б) умеренно концентрированные олигополии при  $50\% < CR-4 < 65\%$  и  $70\% < CR-8 < 85\%$ ;
- в) низкоконцентрированные олигополии при  $35\% < CR-4 < 50\%$  и  $45\% < CR-8 < 70\%$ ;
- г) неконцентрированный рынок при  $CR-4 < 35\%$  и  $CR-8 < 45\%$ .

Из формулы расчета индекса Гиршмана-Герфиндаля (НИИ) видно, что индекс представляет собой сумму квадратов удельного веса каждого крупнейшего участника рынка. Значения индекса могут изменяться от 0 (при полной деконцентрации производства и распылении его на множество мелких предприятий) до 10000 (в случае абсолютной монополии). При НИИ от 1000 до 1800 антиконкурентной считается каждая сделка, которая увеличивает индекс на более чем 100 пунктов. При коэффициенте отрасли более 1800 конкурентной считается сделка, которая может увеличить индекс на 50 и более пунктов. Если индекс НИИ меньше 1000, такой рынок считается низкоконцентрированным и не регулируется. Таким образом, НИИ может характери-

<sup>15</sup> Дудина И.А. Международное сотрудничество вузов: институциональный аспект. Волгоград: Изд.-во ВолГУ, 2005. С. 91-94.



зовать структуру рынка образовательных услуг в соответствии с установленным диапазоном значений как высоко-, умеренно – и низкоконцентрированную.

Проведенный нами ранее анализ современного состояния международного рынка академических УТ по территориальному принципу распределения их производства позволил определить его как экспансирующий, олигополистический и высококонцентрированный с  $HHI = 4666,48^{16}$ . Действительно, небольшое число основных игроков с разным долевым участием и большое количество второстепенных участников обеспечивают высокий уровень дифференциации образовательных программ, с большой степенью взаимозаменяемости, в основном, по гуманитарным и экономическим направлениям подготовки.

Взаимозаменяемость основных субъектов европейского рынка также достаточно высокая в силу их кооперации в рамках Болонского процесса. В случае успешного результата академической интеграции, можно прогнозировать изменение показателей емкости европейской академической структуры в сторону повышения концентрации относительно мирового рынка. Уже сейчас показатель концентрации академического производства в Европе  $S = 44\%$ ,  $S^2 = 1936$  с преобладающей долей трех субъектов – Великобритании, Германии и Франции.

Сравнение емкости центрального и восточного сегментов с западным, а также коэффициент  $HHI$  европейского рынка академических УТ показаны в таблице 1. Из нее видно, что, во-первых, западный сегмент рынка существенно превосходит центрально-восточный; во-вторых, европейский рынок можно характеризовать как олигополистический и высококонцентрированный по рыночным долям с  $CR-4$  выше 85%. В то же время коэффициент  $HHI$ , рассчитанный для всего европейского мегарегиона,  $S^2 = 326,33$ , то есть меньше 1000. Это позволяет говорить о низкой концентрации производства академических УТ и слабом регулировании.

Известно, что целями Болонского движения были: 1) повышение конкурентоспособности европейского образования на бурно развивающемся и высокодоходном мировом рынке УТ и 2) приближение эффективности европейского образования к уровню образования США. Для сравнения: доля США на мировом рынке академических УТ составляет 21,2%<sup>17</sup>, а, соответственно, доля при расчете  $HHI - S^2 = 449$ .

Таблица 1

**Структура европейского рынка в соответствии с МСКО  
(по всем уровням терциарного образования) для стран, имеющих более 1000  
иностраннных студентов, 2006 г.<sup>18</sup>**

Принимающая территория или страна	Количество иностраннных студентов в принимающей стране	Структура (S), %	Расчет коэффициента $HHI$ ( $S^2$ )
<b>Центральная и Восточная Европа</b>	<b>208 101</b>	<b>14, 6</b>	<b>9,81</b>
Польша	11 365	0,41	0,16
<b>Россия</b>	<b>77 438</b>	<b>2,81</b>	<b>7,89</b>
Украина	29 614	1,07	1,16
Чехия	21 395	0,77	0,60
<b>Западная Европа</b>	<b>1 213 485</b>	<b>85,4</b>	<b>316,52</b>
Великобритания	330 078	12,0	144
Германия	258 797	9,4	88,36
Италия	49 090	1,78	3,16
Франция	247 510	9,0	81
<b>Всего в Европе</b>	<b>1421 586</b>		<b>326,33</b>

<sup>16</sup> Дудина И.А. Современные тенденции развития международного рынка академических услуг и товаров. Волгogr. гос. ун-та. Сер. 3. Экон. Экол. 2009. № 1 (14). С. 106.

<sup>17</sup> Global Education Digest 2008. Comparing Education Statistics across the World. – Montreal: UNESCO Institute for Statistics, 2008. P. 118.

<sup>18</sup> Составлено автором по: Global Education Digest 2008. Comparing Education Statistics across the World. – Montreal: UNESCO Institute for Statistics, 2008. P. 116-118.



Десятилетний Болонский марафон, который задумывался как европейское противостояние натиску американской системы высшего образования, к 2010 году должен обеспечить прозрачность, качество и конвертируемость результатов образования в академических системах Европы. Уже сегодня комфортная образовательная среда позволяет преподавателям и студентам в Европе перемещаться из одного университета в другой, что в итоге стимулирует мобильность кадров и на общеевропейском рынке труда. При этом вход на европейский академический рынок ограничен в силу уровня распределения ресурса.

Представляется, что трансатлантическое противостояние основных субъектов академического рынка может продолжаться еще достаточно долго, учитывая временной и ресурсный запас терциарной системы США. Используя такие преимущества большой рыночной доли на рынке, как горизонтальная интеграция, стратегия доминирующего продавца, подкрепленная экономией на масштабе, а также высокий уровень дифференциации образовательных программ и репутационные дивиденды, США по-прежнему имеют режим наибольшего благоприятствования на мегарегиональных рынках труда, поскольку работодатели заинтересованы в получении проверенного временем результата образования. В то же время все еще низкая концентрация производства академических УТ на европейском рынке оставляет надежду на то, что небольшая экспортная доля России может быть увеличена с помощью корректного ресурсного обеспечения ее роста. Здесь очевидны два направления – инвестиционное и институциональное. Подробнее их можно представить следующим образом:

Прежде всего, имеет значение экономическое содержание экспортной деятельности вузов. Оно обладает особенностями, с точки зрения движущих сил – ресурсов этой деятельности: методов государственного и негосударственного планирования, финансирования и регулирования производства академических программ, способов их поставки и проактивного сегментирования рынка. Поэтому логично именно с этих позиций рассмотреть возможности сокращения временного лага в росте рыночной доли на международном рынке академических УТ. Из-за схожести стартовых условий развития академического экспорта в Австралии в 1985 году и в сегодняшней России представляется целесообразным проанализировать движущие силы, стратегии и результаты государственной политики Австралии по академическому экспорту за последние 25 лет.

После потери СССР третьего после США и Франции места экспортера академических УТ в 1991 году<sup>19</sup>, Россия, в силу ряда причин, не только не увеличивала, но ускоренно теряла традиционные позиции в арабских, азиатских и восточно-европейских сегментах. В 1990 году в вузах СССР училось 126 500 иностранных студентов (10,8% от их общей мировой численности), затем произошло стремительное сокращение до 5% от общей мировой численности в 1996 году, и, наконец, – до 1,7% в 2006 году<sup>20</sup>. С 2000 по 2007 годы приток студентов в наши вузы из дальнего зарубежья сократился с 54500 до 46136 тысяч, а среднегодовой рост общего притока иностранных студентов составляет в настоящее время лишь 0,007% (Франция – 12%, Австралия – 11%, Великобритания, Германия – 7%, США – 4%).

Стремительный рост академического экспорта Австралии в азиатско-тихоокеанском мегарегионе (с менее, чем 10% в 1984 году до 40,9% в 2007) был вызван изменениями в глобальной экономике и государственной интервенцией в структурные изменения образовательного сектора. До середины 80-х годов прошлого века австралийское правительство предоставляло образовательные услуги нерезидентам исключительно через программы помощи иностранным студентам. Практически все иностранные студенты частично или полностью финансировались австра-

<sup>19</sup> Шереги Ф.Э., Дмитриев Н.М., Арефьев А.Л. Указ. соч. С. 28.

<sup>20</sup> Там же. С. 11, 23.



лийским правительством, их число ограничивалось ежегодными квотами (то же самое происходило в СССР до 1991 года)<sup>21</sup>.

В опубликованном в 1984 году докладе Джексона был пересмотрен подход к обучению иностранных студентов, и уже в 1985 году была разработана новая государственная стратегия экспорта образовательных услуг, основное место в которой занимал экспорт терциарных услуг<sup>22</sup>. Новая стратегия предусматривала ряд мер, подобных либерализации услуг высшего образования в России в 1991 году: университеты получили право принимать иностранных студентов на контрактной основе с полным возмещением стоимости обучения и сопутствующих услуг; была разрешена коммерческая деятельность по предоставлению УТ начального, среднего и высшего профобразования. Отличительными чертами австралийского подхода стали: облегчение процедуры получения виз, ускоренное развитие инфраструктуры академического бизнеса<sup>23</sup> и, самое главное, ряд адаптационных мер по социализации иностранных студентов, которые рассматривались как потенциальные квалифицированные кадры на австралийском рынке труда. В совокупности с эффективными маркетинговыми исследованиями и стратегиями, это способствовало значительному увеличению их контингента в стране.

Кроме того, грамотная маркетинговая политика самих вузов позволила определить направления экспорта и потенциальных потребителей австралийского образования, а также предпочтительный способ его доставки потребителям. Известно, что академический экспорт может быть внутренним (внутренняя поставка академических УТ трансграничным потребителям); транснациональным (трансграничная поставка) и оффшорным (с помощью Интернет). Как показано в табл. 2, около 97% академических услуг стоимостью \$12,559 млрд. долл., экспортированных Австралийскими вузами в 2007 году, было поставлено с помощью внутреннего экспорта трансграничным студентам.

Таблица 2

**Академический экспорт Австралии в 2007 году<sup>24</sup>**

Категория академических УТ	\$ миллионов
Внутренний экспорт	12, 196
Оффшорный экспорт	363
Суммарный экспорт	<b>12, 559</b>
Доля в общем экспорте услуг	26, 1
Доля в общем экспорте	5,8

Доля академического рынка Австралии в азиатско-тихоокеанском регионе сегодня составляет 56,55 против японской 22,2. В целом емкость этого мегарегионального рынка, по нашим расчетам,  $(S^2) = 85,7$ .

Изменения в образовательной стратегии Австралии совпали со стремительным экономическим ростом азиатских экономик, что способствовало небывалому росту спроса на все уровни университетского образования со стороны этих стран. Это обстоятельство было использовано всеми ведущими экспортерами академических благ, но ввиду географической близости к азиатским странам и традиционным торговым отношениям с ними, а также благодаря предложению академических программ на английском языке, Австралия – начинающий экспортер академических программ – стала более привлекательной

<sup>21</sup> Там же. С. 40.

<sup>22</sup> Hall G. Hooper K. Australia's Exports of Education Services. Режим доступа: [http://www.rba.gov.au/PublicationsAndResearch/Bulletin/bu\\_jun08/Pdf/bu\\_0608\\_2.pdf](http://www.rba.gov.au/PublicationsAndResearch/Bulletin/bu_jun08/Pdf/bu_0608_2.pdf)

<sup>23</sup> Стоимость академических благ включает не только плату за обучение, но и расходы на проживание, причем доля расходов на жилье, питание, транспорт, развлечения и покупку товаров в стране пребывания составляет не менее 61%.

<sup>24</sup> Источник: Australian Bureau of Statistics. Trade in Services. Режим доступа: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/ViewContent?readform&view=ProductsbyTopic&Action=Expand&Num=1.7.4>



для многих азиатских студентов, чем США и Великобритания. Она также оказалась победителем в ценовой конкуренции с европейскими и американскими участниками рынка, задолго до нее занявшими лидерские позиции в терциарном секторе. Предложив более низкие по сравнению с другими участниками рынка цены, австралийские университеты смогли освоить большую долю рынка, хотя с 2003 года колебания курсов валют этому не способствовали. В результате сочетания перечисленных факторов, в 2005 году ОЭСР официально зарегистрировала Австралию в качестве пятого крупнейшего поставщика терциарного образования в мире (в категории внутреннего экспорта) и третьей страной в мире среди поставщиков академических программ на английском языке после США и Великобритании (табл. 3).

Таблица 3

**Среднегодовой рост количества иностранных студентов  
в странах – лидерах рынка академических УТ в 2000-2005 гг.<sup>25</sup>**

Страна	Количество студентов 2005 год	Среднегодовой рост % в 2000-2005 гг.
США	590 000	4
Великобритания	318 000	7
Германия*	260 000	7
Франция	237 000	12
Австралия	177 000	11

\* За исключением исследовательских программ высокого уровня

Хотя австралийские университеты стремятся диверсифицировать свои предложения иностранным студентам, они все же на 80% зависят от азиатских студентов из Малайзии, Южной Кореи и Индонезии. В то же время за последние десять лет очевидно замещение притока студентов из этих стран студентами из Китая и Индии, занявшими опустевшие ниши. Данное обстоятельство совпало с ускорением роста ВВП и ВНД в этих странах, что увеличило спрос на образование. Например, набор китайских студентов в австралийские вузы удвоился за последние 5 лет, а индийских – вырос в пять раз. В результате совокупная доля Китая и Индии в австралийском образовательном экспорте возросла с менее чем 1/10 в 1997 году до более чем 1/3 в 2007 (табл. 3).

Академический экспорт Австралии показывает устойчивый рост в течение последних 10 лет и даже стал самой большой частью экспорта страны в 2007 году. Опыт Австралии показывает, что рост обеспечивается, с одной стороны, устойчивым спросом на услуги высшего образования со стороны азиатских стран, с другой стороны – политикой правительства Австралии и стратегией экспорта австралийских университетов. Однако с 2007 года Китай и Индия также инвестировали значительные средства в свое высшее образование и приток студентов из этих стран в данное время сокращается. Хотя эти факторы могут привести к уменьшению чистого показателя академической мобильности<sup>26</sup> в Австралии, в среднесрочной перспективе ожидается, что образовательный экспорт страны будет расти быстрее, чем ее совокупный экспорт товаров и услуг.

<sup>25</sup> Составлено автором по: OECD in Figures: Foreign Students. Режим доступа: [http://www.oecd.org/document/62/0,3343,en\\_2649\\_201185\\_2345918\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/62/0,3343,en_2649_201185_2345918_1_1_1_1,00.html); Всемирный доклад по образованию 2006. Монреаль: Институт статистики ЮНЕСКО, 2006. С. 130-137.

<sup>26</sup> Наиболее точный показатель конкурентоспособности академических программ ("net flow ratio"): количество находящихся в принимающей стране иностранных студентов (въездная мобильность) минус мобильность национальных (выездная мобильность) в процентах от общего количества студентов в стране в году.



Таблица 4

**Изменение процентного соотношения экспорта австралийского  
терциарного образования на 10 ведущих рынках мира<sup>27</sup>**

Рынки	1997	2007
Китай	3,2	22,5
Индия	4,8	13,3
Южная Корея	11,2	7,9
Малайзия	12,2	5,5
Гонконг	6,2	4,7
Таиланд	5,3	4,1
Индонезия	13,4	4,0
Япония	7,5	2,9
Вьетнам	2,2	2,4
Сингапур	6,6	2,2

Таким образом, представленная в данной статье часть анализа динамики емкости международного рынка академических УТ позволяет сделать ряд выводов. Во-первых, Россия крайне недостаточно использует свою территориальную близость и возможности доступа к потенциально доходным сегментам рынка академического образования, прежде всего, стран СНГ, азиатско-тихоокеанского региона, арабских стран и стран восточной Европы, где население традиционно тяготеет к российской культуре и знает русский язык. Во-вторых, ее государственная стратегия реформы образования невянятно формулирует цели ожидаемой гармонизации результатов наших переустройств в академическом образовании с европейскими и мировыми. В-третьих, эта стратегия не ориентирована на экспорт академических программ, так как не предусматривает механизма выхода на конкурентный уровень в этой сфере. В-четвертых, механизм выхода наших производителей академических программ на международный рынок, как показывает австралийский пример, должен иметь системную основу. Его компонентами должны стать инвестиционные, миграционные, маркетинговые и институциональные блоки в их совокупности и взаимозависимости, что позволит не только укрепить ресурсное обеспечение, но и интериоризировать в российских вузах технологии выхода на выгодные для России сегменты рынка.

## CAPACITY CHARACTERISTICS OF THE MEGA-REGIONAL ACADEMIC MARKETS

**I.A. DUDINA**

*Volgograd  
State University*

*e-mail:  
dudina777@gmail.com*

The paper presents approaches to measuring the capacity of mega-regional academic markets of Europe and Asia-Pacific region by applying coefficient of production concentration, M.Beine's estimation model and Herfindahl-Hirschman concentration ratio. The analysis undertaken aims at comparing the initial positions and dynamics of Australian and Russian capacities in tertiary education market segments. The author also highlights the factors that prevent Russian from expanding its international market share of academic services.

Key words: capacity of the international academic market, mega-regional market, tertiary education, net flow ratio, production concentration, Herfindahl-Hirschman concentration ratio index (HHI), market segmentation, academic export.

<sup>27</sup> Источник: Australian Bureau of Statistics. Trade in Services. Режим доступа: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/ViewContent?readform&view=ProductsbyTopic&Action=Expand&Num=1.7.4>

## РЫНОК ТРУДА И ЕГО ОСОБЕННОСТИ В ПЕРЕХОДНОЙ ЭКОНОМИКЕ

**И.А. АШМАРОВ**

*Воронежский  
государственный  
технический университет*

*e-mail: dobrinka75@mail.ru*

В статье выделены основные этапы становления и проблемы развития российского рынка труда. Классифицированы основные особенности транзитивного рынка труда в России, выделены также некоторые наиболее заметные тенденции в развитии отечественного рынка труда как экономического института. Отмечены особенности так называемого «переходного» рынка труда, которые проиллюстрированы на примере современной отечественной экономики. Данные особенности проявляют себя как специфические черты общества на исторически определённом этапе его развития. Российская экономика имеет собственную специфику, связанную с экономическими институтами, точнее сказать институциональные особенности.

Ключевые слова: история рынка труда, транзитивный рынок труда и его специфика, дивергенция рынка труда, диффузия рыночных институтов в сфере труда и занятости населения.

---

1. *Историческое становление российского рынка труда.* В процессе исторического становления современного нам российского рынка труда можно выделить два главных этапа.

Первый этап – 1991-1998 гг. – стал отражением глубокой трансформационной рецессии, растянувшейся почти на целое десятилетие и обусловившей сокращение занятости, рост открытой безработицы, снижение продолжительности рабочего времени, резкое падение реальной заработной платы. По числу занятых в России в этот период лидировал государственный сектор, на него приходилась 50% всех работающих в народном хозяйстве, 17% — на предприятия смешанных форм собственности, 33% — частный сектор. В производственных отраслях удельный вес частных предприятий и занятых на них работников был ниже, чем в торговле и сфере обслуживания.

Второй этап – 1999-2001 гг. – связан с интенсивным экономическим подъёмом, сопровождавшимся положительной динамикой базовых индикаторов рынка труда, а также макроэкономических показателей в целом, развитием частного сектора хозяйства. На протяжении большей части переходного периода российский рынок труда регулировался законодательством, унаследованным от советских времён. Вплоть до конца 2001 года в стране действовал Кодекс законов о труде (КЗоТ), принятый ещё в 1971 г. С точки зрения регулирования форм занятости, КЗоТ существенно ограничивал выход как работников, так и работодателей за рамки стандартного трудового договора.

Таким образом, на начальном этапе реформирования российской экономики сохранялось законодательство, соответствовавшее особенностям планового хозяйства. Создать условия для эффективного функционирования рынка труда в новой рыночной среде был призван Трудовой кодекс (ТК), вступивший в действие в феврале 2002 г. Новое законодательство о труде стало итогом компромисса между различными политическими силами российского общества. С позиций сегодняшнего дня можно констатировать, что российский рынок труда в целом сформировался к началу XXI века<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Одегов Ю.Г., Руденко Г.Г., Лунева Н.К. Рынок труда (практическая макроэкономика труда). М.: «Альфа-Пресс», 2007. С. 70.



Несмотря на глубокий трансформационный кризис, российской экономике удалось избежать масштабного сокращения рабочей силы и занятости, которое наблюдалось во многих странах Центральной и Восточной Европы (наиболее яркий пример — Венгрия). Первоначальное падение уровня занятости с 67 до 53% сменилось последующим его восстановлением до 60%. Такая «нечувствительность» занятости была отчасти следствием распространения её нестандартных форм, таких как: непостоянная (временная) занятость; неполная (неполный рабочий день) занятость; самозанятость; неформальная занятость, а также занятость населения в домашних хозяйствах.

*2. Институциональные особенности рынка труда в современной экономике России.* Современная ситуация в России характеризуется значительными диспропорциями в структуре занятости, ставок заработной платы на рынке труда и деформацией мотивационного механизма трудовой деятельности. Выделим особенности транзитивного рынка труда в России.

*Рост безработицы.* В начале 2009 г., по данным Росстата, 5,0 млн. человек или 6,6% экономически активного населения классифицировались как безработные (в соответствии с методологией Международной Организации Труда — МОТ)<sup>2</sup>. В государственных учреждениях службы занятости населения в качестве безработных было зарегистрировано 1,5 млн. человек, в том числе 1,2 млн. человек получают пособие по безработице. Преобладающая часть занятого населения сосредоточена в организациях, не относящихся к субъектам малого предпринимательства. В 2008 г. в них работало 37,6 млн. человек или 53,9% общей численности занятых. В организациях, не относящихся к субъектам малого предпринимательства, привлекалось на условиях совместительства и по договорам гражданско-правового характера 2,0 млн. человек (в эквиваленте полной занятости). Общее число замещенных рабочих мест для полной занятости работников в этих организациях, определенное как суммарное количество работников списочного состава, совместителей и работников, выполнявших работы по договорам гражданско-правового характера, в 2008 г. составило 39,6 млн. и было больше, чем в 2007 г. на 0,5 млн. человек или на 1,4%.

По данным исследований, в стране сложился высокий «естественный» уровень безработицы, превышающий 5% от общего количества экономически активного населения. В настоящее время в условиях мирового финансового и экономического кризиса даже развитые экономики стран Еврoзоны и США имеют высокий уровень безработицы, который уже превысил 5%, и есть прогнозы, что превысит 10%. Основная составляющая безработицы — текучесть рабочей силы в связи с низкой заработной платой. Следует учесть тот факт, что среди высвобождаемых работников по разным причинам наметилось увеличение незанятости среди выпускников вузов.

*Изменение распределения рабочей силы по секторам экономики.* Значительным потребителем рабочей силы в современных условиях стал частный сектор экономики. Относительно широкое распространение получила вторичная занятость, возникло немало рабочих мест, не требующих особой квалификации. При этом промышленные предприятия сталкиваются с трудностями на пути поиска оптимальной численности и подбора работников необходимых специальностей и квалификации.

*Появление мигрантов на рынке труда.* На отечественном рынке труда ежегодно появляется более 2 млн. беженцев и вынужденных переселенцев, нуждающихся в трудоустройстве.

*Неэффективное использование трудового потенциала общества.* Трудовой потенциал используется всё менее эффективно: объём отечественного производства сократился в гораздо большей степени, чем численность занятых; существовавший и ранее на многих предприятиях избыток рабочей силы стал ещё более очевиден. В

---

<sup>2</sup> [Http://www.gks.ru](http://www.gks.ru).



России происходит естественная убыль населения и сокращается продолжительность жизни. Поэтому возможности воспроизводства трудового потенциала ухудшаются в связи с существенным сокращением количества детей в российских семьях, так как многие семьи имеют одного ребёнка, что явно недостаточно даже для простого воспроизводства. Для этого в каждой российской семье должны быть минимум два ребёнка, и только три ребёнка в семье смогут обеспечить минимальное расширенное воспроизводство. Эту ситуацию, на наш взгляд, можно трактовать как недостаточное воспроизводство (недовоспроизводство) трудового потенциала в российской экономике. Воспроизводство трудового потенциала в масштабах экономики страны, очевидно, сокращается также под воздействием безработицы, которая составляла в России 7,5% уже в 2005 г., что выше уровня естественной нормы безработицы.

*Дифференциация занятости по территориальному принципу.* Уровень безработицы в России различается до 10 раз в экономически развитых и депрессивных (дотационных) регионах. Такое различие в уровнях безработицы по регионам объясняется степенью деловой активности, сохранившимися у населения традициями и навыками самостоятельного хозяйствования, в том числе на земле. В некоторых регионах страны ситуация с безработицей очень серьезная, поскольку необходимые вакансии просто отсутствуют. Так, в Чечне не могут трудоустроиться порядка 70% экономически активного населения республики, в Ингушетии – 43%, в Дагестане – 22%.

*Формирование занятости так называемого «придерживаемого» типа (модели)* – рабочая сила не используется в производстве, но и не высвобождается в другие сферы (это особенность занятости населения во всех постсоциалистических странах).

*Рост заработной платы.* В России в последние восемь лет наблюдается темп роста зарплат, превышающий рост экономики в целом. В 2007 г. зарплатоёмкость валового внутреннего продукта (доля ВВП, которая идёт на выплату зарплат) выросла в России на 1,5% и составила, по некоторым данным, 34,8%. Для сравнения: расходы ВВП на выплату зарплат в Евросоюзе составили 39,8% (1995) и 38,8% (2005).

Повышение зарплат в России осуществляется благодаря высоким ценам на сырьё. Благоприятная ценовая конъюнктура позволяет увеличивать зарплаты без адекватного роста производительности труда. В результате, предложение товаров внутри нашей страны не успевает за потребительским спросом, что и проявляется в высоких показателях инфляции. Тем не менее, основная проблема рынка труда России заключается не столько в безработице, сколько в низких в сравнении с Западной Европой зарплатах и плохих (небезопасных) условиях труда.

*Низкий уровень пособий по безработице* также выступает отличительной чертой российского рынка труда. Пособие по безработице составляет от 720 руб. до 2800 руб., в зависимости от того, сколько человек получал раньше и сколько времени он искал работу. При этом средний уровень выплат – 1900 руб. Прожиточный минимум варьируется по регионам, но, как правило, в несколько раз выше выплачиваемых пособий. В связи с этим огромное количество людей вынуждено соглашаться на работу в плохих условиях, за низкую зарплату, без каких-либо социальных гарантий.

*Расширение теневой занятости в экономике.* В России сформирован и успешно функционирует значительный сектор теневой экономики (около 40% производимого ВВП), однако он достаточно нестабилен, криминализован и поэтому для законопослушных граждан малопривлекателен. Процесс размывания границ между официальной и теневой занятостью продолжается; как следствие – сохраняются существенные различия между общей реальной численностью и официальной регистрируемой численностью безработных.

*Высокий уровень монополизации рынка труда.* Финансово-банковская, торгово-посредническая, и, в первую очередь, сфера государственного управления представляют сложившийся сегмент рынка труда, который характеризуется высоким



уровнем монополизации (труднодоступность этих рабочих мест) вследствие высоких требований к квалификации работников и высокого уровня заработной платы. Занятым работникам из малооплачиваемого бюджетного сектора проникнуть сюда трудно, в большинстве случаев невозможно.

В развитии российского рынка труда имеются некоторые тенденции:

1. Рост естественной нормы безработицы; продолжительность поиска работы в среднем по России составляет 8,7 месяцев. 39% людей ищут работу больше 1 года. Однако в Москве среднее время поиска работы составляет 3,5 месяца. Безработица в России не имеет чётко выраженного пола. По данным Росстата, в среднем по стране число мужчин и женщин, нуждающихся в трудоустройстве, примерно одинаково.

2. Рост молодёжной безработицы; самый высокий уровень безработицы наблюдается среди молодых людей до 20 лет. Они составляют 26% от общего количества безработных. Далее следуют по убыванию возрастная группа 20-24 года – 13%, 25-29 лет – 7,3%, 35-39 лет – 6,2%, 30-34 года – 5,9%, 40-49 лет – 5,8%, 50-54 лет – 4,8%, 55-59 лет – 3,6%<sup>3</sup>.

3. Рост теневой занятости.

4. Расширение привлечения иностранной рабочей силы. Уже сейчас потребности экономики значительно превышают предложение со стороны экономически активного населения, численность которого к концу 2007 года составила, по оценке Росстата, 74,8 млн. чел. или около 52% от общей численности населения.

5. Рост спроса на дипломированных специалистов с высшим образованием. В России, несмотря на то, что самый низкий уровень безработицы зафиксирован среди тех, кто имеет высшее специальное образование и среднее специальное образование, большинство людей работает не по той профессии, которую они получили во время обучения. Российское образование во многом не соответствует нынешним потребностям рынка труда. Вузы страны до сих пор ориентируются на спрос со стороны абитуриентов, выпуская пачками невостребованных работодателями юристов, менеджеров и экономистов, а система профтехучилищ, должная поставлять квалифицированных рабочих для производств, находится в разваленном состоянии.

6. Сохранение перегруженности рабочей силой большинства крупных и средних предприятий (избыточная рабочая сила преимущественно сохраняется, особенно, в больших трудовых коллективах), что является важной особенностью российской модели занятости, в отличие от восточно-европейской. Придерживание избыточной рабочей силы препятствует росту производительности труда и формированию полноценного рынка труда, но способствует снижению социальной напряжённости в условиях низкого уровня трудовых доходов населения. Такое «удержание» рабочей силы проявляется в скрытой безработице, что не позволяет наладить эффективную систему регулирования отношений на рынке труда.

7. Усугубляется несоответствие между быстро изменяющейся структурой спроса на рынке труда и сложившимся ранее профессионально-квалификационным составом рабочей силы (несоответствие свободных рабочих мест и излишка трудовых ресурсов). Современный российский рынок труда продолжает отличаться несбалансированностью и неравновесностью. Рынок труда определяет рациональную структуру занятости, с точки зрения эффективного, по Парето, распределения трудовых ресурсов. Однако его структура может быть неэффективна с социальной точки зрения, с позиции создания условий для расширенного воспроизводства в обществе.

3. *Институциональные проблемы развития российского рынка труда.* Российский рынок труда отличается определённым институциональным своеобразием и нерешённостью ряда проблем.

<sup>3</sup> Киян Л.П. Экономическая теория рынка труда. Воронеж: ВГУ, 2003. С. 94.



Во-первых, это — неравные условия трудоустройства экономических агентов, выступающие как дополнение к допустимой конкуренции на рынке труда. Неравными для трудовых агентов являются доступ к информации об имеющихся вакансиях и, следовательно, трудовым контрактам. Присутствие и значительная роль внеэкономического фактора в экономике в виде т.н. административного ресурса обеспечивает конкурентные преимущества и снижение трансакционных издержек на трудоустройство посредством предоставления закрытой информации о рабочих местах в госаппарате.

Государство не должно предоставлять или допускать получение нерыночных преимуществ любому из субъектов рынка труда. Российский опыт показывает, что государственные институты власти функционируют на основе характерного для неформальных норм принципа деления субъектов на «своих» и «чужих» и, как результат, лоббируют частные интересы в ущерб общественным<sup>4</sup>.

Во-вторых, снижение уровня защиты трудовых прав наёмных работников. Развитие рыночной экономики и трудового законодательства в нашей стране идёт по вполне естественному пути усиления роли и прав работодателей на рынке труда. Этот процесс — объективный и связан с тем, что работодатель выступает как владелец рабочих мест, но не должен идти за счёт и в ущерб рядовым работникам, их правам и гарантиям на свободный труд и экономическую и правовую независимость.

В-третьих, несоответствие формальных и неформальных норм, на основе которых функционируют рынки. Игнорирование не только формальных каналов найма, но и вообще любого рода формализованных процедур характерно для участников российского рынка труда, укоренённое в социокультурных нормах, способных конкурировать с закреплёнными в формальном законодательстве правилами (порядка 10-12% занятых на постоянной и 20-25% на временной основе трудятся на основе устной договорённости). С одной стороны, это значительно затрудняет работнику защиту собственных трудовых прав в конфликтной ситуации, но, с другой, устный найм компенсируется повышенной оплатой труда. Таким образом, внеправовая практика найма рабочей силы не является однозначно негативным явлением; она дополняет формальные нормы, выступая в качестве адаптационного буфера, смягчающего положение некоторых социальных групп в обществе, так как важную роль при поиске работы играют неформальные каналы. В современных условиях более 50% наёмных работников либо сами задействуют личные связи, либо их знакомые выступают с подобной инициативой, а среди работодателей порядка 40% производят поиск и отбор кандидатов на рабочие места посредством личных контактов.

За годы реформ безработица в России не достигла критических размеров в 20-25%, её сокращение было явно непропорционально падению объёмов производства (до 40%). Безработица не носила взрывной, как в Болгарии или Польше, характер. Сокращение численности занятых имело длительный характер, достигая десяти процентов в самые тяжёлые годы. Характерной чертой российского рынка труда стала высокая оборачиваемость рабочей силы, достигавшаяся не только за счёт выбытия рабочей силы, но и за счёт приёмов на работу при абсолютном доминировании практики добровольных увольнений. Порядка 60-70% процентов выбывших оставляли работу добровольно. После начала экономического роста в России снижение безработицы побило рекорды всех других рыночных экономик (с 14,6% в 1999 г., 7,5% в 2002 г. до 5% в 2008 г.). Этот показатель, если брать его за основу для оценки благополучия экономики в целом, выводит Россию в тройку стран-лидеров, наряду с Венгрией и Чехией.

---

<sup>4</sup> Хлопин А. Становление гражданского общества в России: институциональная перспектива // Pro et Contra. 1997. Т.2. №4. С.66.



С позиций неoinституционализма, своеобразие российского рынка труда обусловлено действием механизмов формального принуждения (право) и неофициального давления (общественное мнение), обеспечивающих выполнение законов. Наряду с легальными рынками функционируют теневые рынки, где экономическая активность выражается в противоправной деятельности – теневой занятости, рэжете<sup>5</sup>.

В-четвертых, барьеры на пути создания рыночных институтов труда.

В институциональной среде рынка труда преобладают не искусственные (административные), а естественные барьеры профессионального, квалификационного, социального, поведенческого характера, появление которых обусловлено самим ходом исторического и социально-экономического развития<sup>6</sup>. Это означает, что их нельзя устранить, необходимо создать условия, позволяющие субъектам рынка труда их преодолевать, чтобы повысить свою мобильность для адаптации к меняющемуся рыночному спросу и предложению. Так, например, российский рынок труда создаёт дополнительные преимущества работодателям, имеющим возможность играть на несогласованности действий наёмных работников и соглашательском (по сути дела – оппортунистическом) поведении профсоюзов, что только помогает нанимателям реализовывать свою политэкономическую власть на рынке труда.

В-пятых, неэффективное либо запаздывающее вмешательство государства в распределительные процессы и неопределённость государственного регулирования в целом.

Государство, призванное выступать гарантом соблюдения трудовых контрактов, в недавнем прошлом само становилось их активным нарушителем (задержка пособий по безработице, бюджетных зарплат). Современный подход государства к регулированию трудовых доходов населения способствует росту дифференциации доходов и социальной нестабильности. Такой институт социальной защиты населения, как минимальный размер оплаты труда (МРОТ), не соответствует прожиточному уровню населения. Только в июне 2008 г. Госдума РФ приняла закон о повышении МРОТ с 1 января 2009 г. до уровня прожиточного минимума в России (с 2300 руб. до 4330 руб.).

Заработная плата как институт рынка труда оказывается неадекватной цене рабочей силы и не обеспечивает нормальное воспроизводство населения. Деформированный институт зарплаты приводит к утрате её экономической значимости, ослабляет функции рынка труда по установлению стоимостных пропорций между трудом и капиталом, регулированию оборота рабочей силы между отраслями и регионами. Ввиду этого утрачивается зависимость спроса и предложения труда от динамики заработной платы<sup>7</sup>.

В-шестых, институциональная неустойчивость экономики и нестабильность института рынка труда. В процессе перехода к рыночной экономике в России был разрушен привычный уклад жизни членов домохозяйств, многие её традиции и рутины. Это связано со стратегией перехода – «шоковой терапией», состоявшей в сломе прежней институциональной структуры при отсутствии элементов новой институциональной среды, характерной для собственно рыночной системы<sup>8</sup>.

Современный отечественный рынок труда отличает увеличение масштабов неформальных норм – незарегистрированной занятости (15-17% экономически

<sup>5</sup> Корнаи Я. Честность и доверие в переходной экономике // Вопросы экономики. 2003. № 9. С. 4-10.

<sup>6</sup> Драшкович В. Барьеры на пути создания рыночных институтов // МЭ и МО. 2002. № 6. С. 88-93.

<sup>7</sup> Восколович Н. Формирование цены рабочей силы на рынке труда переходного периода // Человек и труд. 2000. №1. С.84.

<sup>8</sup> Белозерова С. Экономическая ситуация и инвестиционный климат в России // Человек и труд. 2002. №4. С.41.

активного населения). Россияне участвуют в неформальной экономике, главным образом, на условиях вторичной занятости. Нерегистрируемые трудовые отношения в сфере занятости связаны с неформальными институтами, регулирующими поведение работников и работодателей<sup>9</sup>.

Неформальная экономика — фактор дополнительной (резервной) занятости, которую не может обеспечить по разным причинам официальная экономика. Существование увеличивающегося разрыва между официально регистрируемым количеством безработных и их общей численностью подтверждает прогрессирующий уход в «тень» легальной составляющей рынка труда. Значительный разрыв между регистрируемой безработицей и фактической можно объяснить тем, что безработный часто стоит перед выбором: иметь легальную занятость, но с крайне низкими доходами или иметь более высокие доходы, но лишиться социальных гарантий, перейдя в теневой сектор. Поэтому работники вынуждены делать выбор между теневым рынком труда и легальным с невысокой заработной платой.

В настоящее время российский рынок труда, несмотря на государственное регулирование, является наименее институционализированным в структуре современной отечественной экономики. Институциональные преобразования на российском рынке труда всё ещё находятся на начальном этапе, и задача государства состоит в ускорении целенаправленного процесса становления формальных институтов<sup>10</sup>. Для транзитивной модели рынка труда характерна диффузия (лат. *diffusio* — распространение, растекание, рассеивание) характерных для него институтов. Институциональные рамки рынка труда чётко не определены, координация и взаимодействие отдельных его элементов невысоки, низка роль правового регулирования. Перспективы российской экономики во многом зависят от выбора модели занятости, применения эффективных методов регулирования с целью устранения сложившихся диспропорций.

Следствием специфики переходной экономики является возникновение особой модели рынка труда, характерной для развивающихся стран мира, где довольно высок уровень конкуренции, заработной платы, глубина сегментации. Переходные рынки труда могут в разной степени отклоняться от матрицы (в переводе с латыни *matrix* означает образец, шаблон, основу) развитых рынков труда, к примеру, западноевропейских стран. «Модифицированное содержание рынка труда проявляется в его новых характеристиках поведения и свойствах»<sup>11</sup>. Здесь возникает явление дивергенции (от лат. *divergo* — отклоняюсь) рынка труда, то есть расхождения некоторых признаков и свойств у данного экономического института в ходе эволюции. Для того, чтобы не отклониться от магистрального вектора развития цивилизации и сформировать полноценные рынки труда, повысить общественный престиж труда, необходимо радикально изменить место проблем рынка труда в системе приоритетов государственной социально-экономической политики, увеличить объёмы финансирования мероприятий, связанных с решением макроэкономической проблемы трудоустройства и занятости населения.

---

<sup>9</sup> Розмаинский И.В. Теория генезиса и функционирования рынка Хайека и крах экономических реформ в России 1990-х годов // Теория и практика социально-экономических реформ. СПб., 1997. Ч. I. С. 8.

<sup>10</sup> Ашмаров И.А. Экономические институты рынка труда. Воронеж: Научная книга, 2008. С. 225.

<sup>11</sup> Ромащенко Т.Д., Шляхтова Л.М. Рынок труда в информационной экономике / под ред. Т.Д. Ромащенко. Воронеж: АОНО ВПО ИММиФ, 2008. С. 134.



## LABOUR MARKET AND ITS PECULIARITIES IN TRANSITIONAL ECONOMY

**I.A. ASHMAROV**

*Voronezh State Technical  
University*

*e-mail:  
dobrinka75@mail.ru*

In article the basic stages of formation and a problem of development of the Russian labour market are allocated. The basic features of a transitive labour market in Russia are classified; some most appreciable tendencies in development of a domestic labour market as economic institute are allocated also. Features of a so-called «transitive» labour market which are illustrated for an example of modern native economy are noted. The given features prove as specific lines of a society at historically certain stage of its development. The Russian economy has its own specificity connected with economic institutes, to tell institutional features more precisely.

Key words: Labour Market History, a Transitive Labour Market and its Specificity, Divergence of Labour Market, Diffusion of Market Institutes in Sphere of Work and Population Employment.

---

# ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

---

УДК 519.8:338.45

## МЕНЕДЖМЕНТ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО РЕАЛИЗАЦИИ МЕБЕЛИ

**В.М. БУГАКОВ**

*Воронежская  
государственная  
лесотехническая  
академия*

*e-mail: BVM@VGLTA.vrn.ru*

В условиях свободного предпринимательства и конкуренции производителей мебели исчез дефицит этой продукции. Конкуренция магазинов мебели, оптовых баз мебели, ограниченный спрос негативно влияют на развитие экономики производства и реализации этой продукции. В статье рассмотрены условные функции повышения эффективности торговли мебелью, предложена экономико-математическая модель оптимизации товарооборота мебельного магазина, модель безубыточной реализации ценных наборов мебели. Предложен прогноз спроса на мебель по квартальным значениям эластичности спроса по цене и доходу потребителей.

Ключевые слова: реализация мебели, экономико-математическая модель, оптимизация товарооборота, модель безубыточной реализации, прибыль магазина (оптовой базы), информационное обеспечение управленческих решений.

---

Интенсивное развитие мебельной промышленности России в условиях свободного предпринимательства ориентировано на обеспечение запросов рынка в разных видах мебели. Предприятия в условиях конкуренции изыскивают финансовые ресурсы для приобретения нового оборудования, инвестиций в современные технологии, тем самым повышают качество, функциональные возможности, дизайн, декоративность мебели. При этом одновременно растут и цены на продукцию мебельной промышленности<sup>1</sup>.

Сбытовая деятельность предприятий по производству мебели, как правило, ведется либо через собственную сеть магазинов, либо через реализацию продукции оптовым покупателям.

---

<sup>1</sup> Бугаков В. М. Менеджмент на предприятиях лесного комплекса. Воронеж: ВГЛТА, 2008. 367 с.

В экономических системах предприятий по реализации мебели при конкуренции с другими мебельными магазинами возникает главная финансово-экономическая проблема – недостаточный уровень торговой прибыли. В этой связи рассмотрим основные целевые функции управления коммерческой деятельностью при реализации мебели.

Эти целевые функции управления представляют собой ряд задач поиска наилучшего распределения имеющихся финансовых ресурсов для повышения торговой выручки и прибыли в том числе:

- повышение эффективности рекламной деятельности, обеспечивающей увеличение объема продаж мебельных наборов;
- минимизация экономического риска закупки на реализацию новых наборов мебели;
- максимизация торговой выручки при планировании товарооборота мебельных магазинов, оптовых баз на очередной период;
- выработка управленческих решений по сохранению и увеличению выручки при изменении величины затрат на хранение, реализацию мебели и при повышении отпускных цен производителями мебели;
- использование заемных средств для увеличения объемов реализации.

Все эти целевые функции дают возможность разработать механизмы принятия соответствующих управленческих решений, направленных на повышение выручки, прибыльности коммерческих организаций по реализации мебельной продукции.

Экономико-математические модели показателей финансово-экономической деятельности оптовых баз, магазинов по реализации мебели в виде однофакторных, многофакторных уравнений, целевых функций оптимизационных задач могут использоваться для создания локальных механизмов повышения эффективности управления коммерческими организациями. Информационное обеспечение таких систем управления должно состоять из данных текущих месячных, квартальных, годовых отчетов, из характеристик и цен мебели поставщиков, данных о спросе на мебель, а также должно включать в себя цены и торговые наценки на аналогичные наборы мебели у других организаций – конкурентов по коммерческой деятельности.

Большое разнообразие видов, типоразмеров закупаемых для реализации мебельных наборов требует массу расчетов, хранения больших массивов данных закупки, затрат, реализации мебельной продукции. Использование локальных вычислительных систем предприятиями торговли дает возможность иметь данные объективного учета движения товаров, следить за запасами мебели высокого спроса и невостребованных наборов и принимать необходимые управленческие решения.

Целевые функции, ограничения при решении оптимизационных задач повышения эффективности коммерческой деятельности могут использовать показатели, например, месячных отчетов. При этом те или иные события, чаще неблагоприятные в финансово-экономической деятельности, уже произошли с негативными последствиями, а управленческие решения, найденные путем максимизации, минимизации целевых функций экономики торговли являются несколько запоздалыми, что влечет за собой некоторую упущенную выгоду.

Поэтому реальное состояние изменения показателей финансово-экономической деятельности коммерческих организаций реализации мебели фактически представляет собой не стационарную, а динамическую систему движения продуктов (наборов мебели) и денежных средств. В этой связи для повышения результативности финансового менеджмента оптовых баз, мебельных магазинов необходимо оперативно выработать эффективные управленческие решения, своевременно смягчая или устраняя складывающиеся негативные ситуации в торговле. В основе выработки этих управленческих решений должны быть данные учета по сезонам фактической динамики изменений по времени финансово-экономических показателей торговли и складывающихся ситуаций со спросом на отдельные виды мебели.

Главная функция оптовых баз, крупных мебельных магазинов по реализации – оперативное приобретение этой продукции у товаропроизводителей по приемлемым ценам и реализация ее оптовым потребителям и индивидуальным покупателям. Основная причина неудачной работы этих коммерческих структур – это прием на реализацию или закупка неходовой, невостребованной мебели, что приводит к убыткам в торговой деятельности. Большое разнообразие принимаемых на реализацию видов мебели увеличивает вероятность невостребованности многих из них. В этой связи учет фактического спроса на те или иные виды мебели создает необходимую основу прогнозирования будущего спроса на ближайший месяц, квартал. В условиях отсутствия дефицита мебели, без обоснованных прогнозов будущего спроса невозможно профессионально решить задачу планирования оптимального товарооборота магазина, оптовой базы.

В настоящем исследовании предлагается математическая модель максимизации торговой выручки.

Допустим, необходимо получить от изготовителей  $l$  видов мебели ( $l = 1, 2, \dots, n$ ) в количестве  $x_i$  каждого и реализовать их, обеспечив наибольшую прибыль от коммерческой деятельности. На основании анализа спроса на ранее реализованные виды мебели, устанавливается на очередной месяц (квартал) некоторый диапазон объема закупаемой магазином, оптовой базой мебели каждого вида  $x_{i \min} < x_i < x_{i \max}$ . В продаже должны быть все виды мебели, на которую имеется тот или иной спрос, т.е.  $x_i > 0$ .

Оптовые базы, магазины имеют на ближайший месяц (квартал) известную сумму свободных денежных средств ( $M$ ) для предоплаты производителям за приобретаемую продукцию. С производителями согласованы цены ( $C_i$ ) на все виды поставляемых на реализацию видов мебели.

Следовательно, имеющийся запас свободных денежных средств обеспечивает закупку видов мебели, пользующейся спросом, т.е.:

$$C_1 x_1 + C_2 x_2 + \dots + C_n x_n = \sum_{i=1}^n C_i x_i \leq M \quad (1)$$

Но иногда сумма свободных денежных средств может быть столь значительной, что приобретенную мебель невозможно будет разместить как в складских помещениях, так и в торгово-выставочных залах. Следовательно, имеющаяся площадь складских помещений ( $Sc$ ) должна быть заполнена с соблюдением нормативов площади размещения каждого вида мебели ( $Sc_i$ ):

$$Sc_1 x_1 + Sc_2 x_2 + \dots + Sc_n x_n = \sum_{i=1}^n Sc_i x_i \leq Sc \quad (2)$$

Площадь торгово-выставочного зала ( $St$ ) должна быть в достаточной мере заполнена всеми видами реализуемой продукции с соблюдением нормативов размещения каждого вида мебели ( $St_i$ ), т.е.:

$$St_1 x_1 + St_2 x_2 + \dots + St_n x_n = \sum_{i=1}^n St_i x_i \leq St \quad (3)$$

С учетом величины торговой наценки на каждый вид мебели, магазин, торговая база устанавливают цены продаж ( $P_i$ ). Все эти параметры позволяют получить метод оптимизации плана товарооборота оптовой базы, магазина по продаже мебели на ближайший месяц (квартал).

Целевая функция оптимизации в рассматриваемом случае направлена на максимизацию выручки и имеет вид:



$$P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n = \sum_{i=1}^n P_i x_i \rightarrow \max. \quad (4)$$

Необходимо учитывать ограничения на решение оптимизационной задачи планирования месячного (квартального) товарооборота мебели:

$$\begin{aligned} x_i > 0; \\ x_{i \min} \leq x_i \leq x_{i \max}; \\ C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n \leq M; \\ Sc_{T1}x_1 + Sc_{T2}x_2 + \dots + Sc_{Tn}x_n \leq Sc; \\ ST_1x_1 + ST_2x_2 + \dots + ST_nx_n \leq ST. \end{aligned} \quad (5)$$

$$(6)$$

Рассматривая целевую функцию и ограничения, можно увидеть, что метод оптимизации месячных (квартальных) планов товарооборота оптовых баз, магазинов мебели имеет значительную размерность и пять ограничений. В этой связи вычислительная процедура компьютерной программы, очевидно, должна быть построена на использовании метода крутого восхождения, метода статистических испытаний или на других методах. Вычисленные таким образом оптимальные объемы закупаемых на реализацию видов мебели ( $x_i$ ) должны быть уточнены с учетом имеющихся остатков.

Решение оптимизационной задачи планирования товарооборота оптовых баз, крупных магазинов, в конечном счете, обеспечивает наиболее эффективное использование имеющихся денежных средств, складских ресурсов с получением наибольшей выручки за реализованную мебельную продукцию на ближайший месяц (квартал). Однако, зачастую наличных свободных денежных средств недостаточно для использования значительных торговых площадей и удовлетворения повышенного спроса. В этих случаях целесообразно использовать краткосрочные кредиты, так как проценты по обслуживанию заемного капитала рассматриваются как расходы и не включаются в налогооблагаемую прибыль, а расходы на выплату процентов обычно значительно ниже прибыли, полученной от использования заемных средств<sup>2</sup>.

Помимо изложенного выше аспекта, связанного с обеспечением оптимального (максимального) объема продаж, при заключении договоров с производителями дорогостоящей мебели необходимо иметь представление о величине прибыли от реализации рассматриваемой продукции в объеме прогнозируемого спроса на месяц (квартал). Так как в магазине, на оптовой базе имеется значительная номенклатура типоразмеров мебели, то решение этой задачи для всех видов мебели, особенно, невысокой цены, не представляется возможным. В этой связи целесообразно выделить основные виды ценных видов мебели длительного пользования. Для таких отдельных групп, однородных по назначению и близких по цене наборов мебели, целесообразно решать задачи прогнозирования выручки (прибыли) на очередной месяц (квартал).

Исходя из прогноза объема спроса по каждой  $i$ -й группе ценной мебели на очередной период, вычисляются постоянные затраты ( $Pc_i$ ) на их хранение и переменные затраты на транспортировку и реализацию единицы вида мебели ( $Vn_i$ ). Общие затраты ( $\sum_i Vz_i$ ), в том числе на хранение ( $Pc$ ), транспортировку, реализацию ( $\sum_i Pn_i = \sum_i Vn_i x$ ), зависят от количества продаваемых за месяц квартал типоразмеров мебели ( $x_i$ ):

<sup>2</sup> Савицкая Г.В. Экономический анализ. М.: Новое знание, 2004. 640 с.

$$\sum_i B_{3i} = \Pi_c + \sum_i V_{ni} X_i . \quad (7)$$

Выручка от реализации  $i$ -ых наборов мебели:

$$\sum_i B_{6i} = \sum_i X_i P_i \quad B_{6i} = X_i P_i,$$

где  $P_i$  – цена  $i$ -го набора мебели.

Прибыль магазина от месячной (квартальной) реализации наборов рассматриваемой группы мебели ( $\sum_{i=1}^n \Pi p_i$ ) равна разнице между выручкой ( $\sum_{i=1}^n B_{6i}$ ) и общими месячными издержками на хранение, транспортировку и реализацию:

$$\sum_{i=1}^n \Pi p_i = \sum_{i=1}^n B_{6i} - \sum_{i=1}^n B_{3i} . \quad (8)$$

Условие безубыточности при  $\sum_{i=1}^n \Pi p_i = 0$ :

$$\sum_{i=1}^n B_{6i} = \sum_{i=1}^n B_{3i} \quad \text{или}$$

$$\sum_{i=1}^n X_i P_i = \Pi_c + \sum_{i=1}^n V_{ni} x_i .$$

Определим минимальный безубыточный объем продаж  $\sum X_i \min$  :

$$\sum_i X_i = \frac{\Pi_c}{\sum_i [P_i - V_{ni}]} . \quad (9)$$

Следовательно, при малом спросе ценные виды мебели занимают в магазине много места, на них приходится значительная часть переменных затрат ( $\sum V_{ni}$ ), они замораживают свободные денежные средства магазина, оптовой базы. При слишком малом фактическом спросе на крупногабаритные виды ценной мебели ( $\sum X_i < \sum X_i \min$ ) из-за затрат на длительное хранение и реализацию продаж такой мебели в малом количестве принесет убытки. При количестве продаваемых в месяц единиц высокоценной мебели  $\sum X_i > \sum X_i \min$  оптовая база (магазин) получит прибыль.

Таким образом, важным условием повышения прибыльности предприятий по реализации мебели является рост спроса. Наиболее точным методом прогноза спроса на мебель на планируемый период является определение уровня эластичности спроса каждого типоразмера мебели по цене и по доходу потребителей за предыдущий период. При этом объемы закупок отдельных типоразмеров мебели у производителей, очевидно, должны корректироваться в зависимости от значений коэффициентов эластичности. Изменение уровня и характера (эластичности) спроса возможно при условии применения различных результативных видов рекламы.



## MANAGEMENT IN ECONOMIC SYSTEMS OF FURNITURE-SALING ENTERPRISES

V.M. BUGAKOV

*Voronezh State Academy  
of Forestry Engineering*

*e-mail: BVM@VGLTA.vrn.ru*

Under the conditions of free enterprise and competition between furniture producers the deficit of this production has disappeared. The competition between furniture shops, wholesale furniture depots and limited demand influence on the economic development of production and sales of this product very negatively. In this article conventional functions of furniture trade efficiency are considered; and the economic-mathematical model of optimization of furniture shop turnover, model of breakeven sale of high-priced furniture sets are suggested. The demand forecast on the furniture according to quarter meanings of demand elasticity, price and average income of population is also suggested

Key words: furniture, economic-mathematical models, profit, administrative decisions, realization.

## ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ МОНОПОЛИЙ

**Е.В. КОРОБЦОВ**

ООО «Белрегионгаз»

*e-mail:*

*korobcov@belregiongaz.ru*

Рассмотрен зарубежный опыт регулирования деятельности естественных монополий. Представлены четыре основных направления государственной политики по регулированию естественных монополий: применение и поддержание единых международных стандартов качества; регулирование ценообразования; формирование и поддержание конкурентной среды в естественно монопольных отраслях и управление механизмом изъятия и перераспределения монопольной ренты. Выделены три основные тенденции реформирования естественно монопольных сегментов экономик зарубежных стран.

Ключевые слова: естественная монополия, методы регулирования, международные стандарты качества, ценовая политика, конкурентные рынки, монопольная рента.

---

На сегодняшний день в экономической теории существуют различные мнения о методах и границах регулирования естественных монополий. Современные взгляды на данную проблему носят дискуссионный характер. Однако все они исходят из того, что любое регулирование способно нанести вред не только естественной монополии, но и обществу в целом. Естественные монополии – составная часть того, что Дж. Гэлбрейт называл «планирующей системой», куда входят корпорации, взаимодействующие с государством. Рынок сам по себе не в состоянии ни управлять, ни контролировать «планирующую систему», эти функции могут выполнять только государство и общество в целом<sup>1</sup>. Милтон Фридмен отмечал: «К сожалению, приемлемого решения проблемы технологической монополии нет. Возможен лишь выбор из трех зол – частной нерегулируемой монополии, частной монополии, регулируемой государством, и непосредственной хозяйственной деятельности государства».<sup>2</sup>

Можно согласиться с авторами<sup>3</sup>, что та или иная система взглядов на наличие регулирования деятельности естественной монополии основывается на следующих положениях:

– отсутствие регулирующего воздействия со стороны государства и наличие конкуренции оставляет за субъектом хозяйствования право на свободу действий в рамках ведения бизнеса, а также его лучшее функционирование с точки зрения эффективности хозяйственной деятельности (получение наибольшей прибыли);

– выбор в пользу государственного воздействия оправдывается тем, что государство действует в общественных интересах, которые могут идти вразрез с интересами хозяйствующего субъекта. В этом случае государство ограничивает действия субъекта естественной монополии или же, наоборот, поддерживает в случае совпадения интересов субъекта с общественными;

– наличие государственного вмешательства, помимо общественных интересов, а также интересов хозяйствующего субъекта, диктуется реализацией интересов государственного сектора экономики.

Из вышеперечисленных положений исходят также при обосновании необходимости воздействия государства на естественную монополию в отечественной экономике. Необходимость государственного регулирования естественной монополии обусловлена,

---

<sup>1</sup> Гэлбрейт Дж.К. Экономические теории и цели общества / пер. с англ. М.: Прогресс, 1979. 362 с.

<sup>2</sup> Фридмен М. Методология позитивной экономической науки // THESIS. 1994. №4. С. 20-52.

<sup>3</sup> Arthur De Vany, Walls D. Natural gas industry transformation, competitive institutions and the role of regulation. Energy Policy. V. 22. №9, sept. 1994.

по мнению И. Никуйко, действием трех основных факторов: «провал» рынка, нестабильность равновесия, необходимость макроэкономической стабилизации<sup>4</sup>.

Традиционно к основным направлениям государственной политики по регулированию естественных монополий относят: регулирование цены, формирование и поддержание конкурентной среды в естественно монопольных отраслях и управление механизмом перераспределения монопольной ренты. Представляется, что необходимо добавить еще одну составляющую, играющую значительную роль в современном экономическом мире – это применение и поддержание единых международных стандартов качества выпускаемой продукции и оказываемых услуг. Рассмотрим эти направления подробнее.

### **1. Единые международные стандарты качества.**

Для улучшения деятельности предприятий во всём мире 15 декабря 2000 года Международной организацией по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO) были приняты стандарты качества серии ISO 9000:2000, которые содержат лучшую мировую практику управления, приняты более чем в 200 странах мира и гармонизированы с национальными стандартами. Особое значение ISO 9000:2000 имеет для естественных монополий, владеющих природными ресурсами, капиталоемкими инфраструктурными активами и производящих общественно значимую, неэластичного спроса продукцию. Применение этой системы можно найти в технологических процессах ведущих нефтегазовых компаний мира, в организации перевозок европейских железнодорожных компаний. Причем, необходимо заметить, что при несоблюдении естественной монополией системы качества по отношению к потребителям ее продукции (услуг) со стороны государства могут последовать санкции в виде различных штрафов и ограничений.

### **2. Государственное регулирование ценовой политики.**

В теории несовершенной конкуренции рассматриваются три основные задачи государственного регулирования естественных монополий<sup>5</sup>: во-первых, необходимо, чтобы их цены были максимально приближены к уровню предельных издержек; во-вторых, нужно обеспечить только нормальную норму прибыли; в-третьих, их производство должно быть эффективным. В соответствии с этими задачами, государство должно поддерживать такой уровень цен на продукцию естественных монополий, который будет одновременно максимально приближен к предельным издержкам, но вместе с тем позволит получать доход, достаточный для возмещения издержек.

В современной практике регулирования существует два возможных метода покрытия для естественно монопольной отрасли издержек и одновременно поддержания социально приемлемых тарифов, которые широко применяются в различных странах мира – это *двухкомпонентные тарифы* и *перекрестное субсидирование*.

Двухкомпонентный тариф состоит из фиксированной платы за право поставки на обслуживание и переменной платы за каждую единицу потребляемых услуг (пример этого метода можно увидеть в телекоммуникациях, где используются всевозможные комбинации абонентской и повременной оплаты услуг). Недостатком этого метода считается то, что естественным монополиям для поддержания рационального объема инвестиций в различные периоды времени требуется неодинаковая величина дохода на капитал.

Перекрестное субсидирование – это установление различных тарифов для отдельных групп потребителей, когда относительно низкие тарифы для одних потребителей компенсируются высокими для других. Это метод широко применяется в странах с неразвитой рыночной экономикой. Примерами перекрестного субсидирования могут служить установления разных тарифов для грузовых и пассажирских железнодорожных перевозок, а также в электро- и газоснабжении. Однако, применение это-

<sup>4</sup> Никуйко И.Б. Классификация российских естественных монополий // Вестник Министерства РФ по антимонопольной политике и поддержке предпринимательства. 2001. №1. С.17-20.

<sup>5</sup> Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономика / пер. с англ. М.: Дело, 2002. 829 с.

го метода может оказаться тормозом дальнейшего развития не только самих инфраструктурных отраслей, но и всего реального сектора экономики, поскольку невозможно постоянно решать проблемы энергетики и железнодорожного транспорта за счет промышленных потребителей.

Кроме того, существует огромное разнообразие моделей ценообразования на продукцию (услуги) естественных монополий.

Модели ценообразования, широко практикуемые в США, Южной Америке и Японии, условно можно отнести к «административному регулированию». К ним относятся издержки плюс прибыль, метод индексации цен и тарифов, а также регулирование нормы прибыли на капитал.

Различные методы стимулирующего регулирования популярны в Западной Европе и называются – «мотивационное регулирование». К ним относятся: дифференцированная шкала, регулирование потолка выручки и потолка цен. Эти методы увеличивают финансовую заинтересованность компании в снижении тарифа, затрат или в улучшении неценовых показателей по сравнению с традиционным регулированием нормы прибыли. Стимулирующее регулирование ослабляет связь между ценой, установленной в результате регулирования, и затратами компании.

### **3. Формирование и поддержание конкурентной среды.**

Согласно неоклассической теории, при отсутствии государственного регулирования естественная монополия установит объем выпуска меньший, чем в точке устойчивости. В результате у потенциальных конкурентов может возникнуть соблазн войти на этот рынок, что может привести к «ценовым войнам», убыткам для всех участников рынка либо к «разделу рынка», при котором уровень издержек на производство единицы товара будет выше, чем в случае единственной фирмы. И в том, и в другом случае будет иметь место неэффективность. Потери общества (социальная неэффективность) в ситуации естественной монополии считаются достаточными основаниями для государственного вмешательства. Как и в других случаях, эталоном эффективности служит ситуация совершенной конкуренции. Однако, в силу очевидной практической невозможности приблизить ситуацию в такой отрасли к идеальному состоянию, существуют различные методы, которые позволяют имитировать результат совершенной конкуренции.

Сегодня известны вполне определенные, совместимые с естественной монополией, типы рыночных сред, которые дисциплинируют ее работу в социально желаемых направлениях. Данные типы рыночных сред представлены, прежде всего, конкуренцией на рынках типа Демсеца, конкуренцией на состязательных (спорных) рынках и монополистической конкуренцией по Чемберлину.

*Конкуренция по Демсецу* – конкуренция за право работать в течение определенного периода на естественно монопольном рынке, которое обеспечивается путем получения эксклюзивной франшизы в результате организованных специальным образом торгов (тендеров)<sup>6</sup>. Преимущество франчайзинга состоит в том, что угроза невозобновления контракта стимулирует естественную монополию к выполнению договорных обязательств. Однако, как и прочие методы регулирования деятельности естественных монополий, эта схема несовершенна. Теоретически предполагается участие в тендере большого количества потенциальных поставщиков, обладающих равным доступом к информации. На практике компания, уже действующая в отрасли, обладает преимуществом в опыте и информационных возможностях. Существует также опасность сговора нескольких крупных участников тендера. Другой острый вопрос – определение срока действия контракта. Учитывая необратимые издержки входа в отрасль, в том числе и издержки по получению франшизы, наиболее привлекательным для участников тендера является очень длительный контракт. В тоже время, краткосрочный контракт снижает стимулы к инвестированию, но более предпочтителен с точки зрения государственного регулирования. Чем продолжительнее контракт, тем труднее учесть возможные последствия изменения рыночных

<sup>6</sup> Demsetz H. Why Regulate Utilities? // Journal of Law and Economics. 1968. №11. P. 55-65.



условий, тем выше риск нарушения договорных обязательств и издержки мониторинга выполнения соглашения.

*Конкуренция на спорных рынках (*contestable markets*)* – конкуренция, которая складывается между доминирующими фирмами и фирмами-новичками в условиях отсутствия экономических барьеров входа и выхода. Угроза потенциальной конкуренции рассматривается теорией состязательных рынков как дисциплинарный механизм, позволяющий держать цену на уровне издержек: если даже отраслевая функция издержек субаддитивна, потенциальная угроза входа фирм-новичков вынуждает естественную монополию работать в общественно эффективном режиме<sup>7</sup>. С другой стороны, естественная монополия может не обладать иммунитетом к управляемому входу, однако, это останется неопределенным, даже если фактически спорные рынки существуют. Ситуация, когда участник может оставлять рынок без издержек, когда его присутствие более неприбыльно, редко встречается в экономике реальной жизни. Кривая издержек, отражая большие некупаемые фиксированные издержки, уже возложенные на фирму, помещает потенциальных конкурентов в ситуацию, приносящую только вред.

*Монополистическая конкуренция по Чемберлину* – обеспечение доступа к естественно монопольному рынку других фирм, которые конкурируют с монополией на дифференцированном рынке продуктов (услуг) со схожими, но несколько различающимися между собой потребительскими свойствами<sup>8</sup>. Например, на определенных сегментах рынка общетранспортных услуг с железнодорожным транспортом могут конкурировать и автомобильный, и речной, и трубопроводный. При этом может оказаться, что эффективны между собой будут две или более отрасли экономики, каждая из которых на своем сегменте рынка является естественной монополией.

Указанные модели не только получили теоретическое обоснование, но в той или иной мере были апробированы на различных мировых и национальных отраслевых рынках в сфере естественной монополии.

#### **4. Механизм изъятия и перераспределения монопольной ренты.**

Часть прибыли естественной монополии формируется за счет монопольной ренты, так называемой квази-ренты.

В развитых странах наиболее распространенный механизм изъятия ренты – концессионные соглашения, которые можно расценивать как механизм реализации не только государственной собственности, но и собственности других публично-правовых образований.

В упрощенном изложении, концессионный договор можно определить как предоставление частному лицу на временной основе права на использование государственных или муниципальных активов, взамен чего такое лицо уплачивает собственнику достойную плату, как правило, принимает на себя все коммерческие риски по эксплуатации собственности и вносит установленные налоги.

Концессионными объектами в современных зарубежных концессиях выступает имущество общего пользования. Его фундаментальные признаки – общественная природа и невозможность обращения в частную собственность. Действие договоров концессии распространяется не только на природные ресурсы, но и на отрасли естественных монополий, объекты социальной и экономической инфраструктуры и научно-технического обеспечения, сферу коммунальных услуг, городского хозяйства и т.п. Предметом договора является не само имущество, а деятельность концессионера. Рыночные начала в концессионных отношениях обеспечиваются развитой системой отбора инвесторов. Действуют такие механизмы как открытые конкурсы и аукционы, закрытые многоступенчатые конкурентные торги, прямые переговоры и т.д.

<sup>7</sup> Baumol W.J. Panzar J.C. Willing R.D. Contestable Markets and the Theory of Industry Structure. N.Y., 1982.

<sup>8</sup> Чемберлин Э. Теория монополистической конкуренции (Реориентация теории стоимости). М.: Экономика, 1996.

Сущность получения экономических выгод сторонами договора выражается формулой «налоги плюс роялти»<sup>9</sup>. Таким образом, продукция, получаемая концессионером в результате предоставленных ему договором прав, является его собственностью. За это концедент (государство или регион) получает установленные налоги и рентные платежи за право пользования недрами (роялти).

Таким образом, из значительного опыта ведущих стран мира по регулированию деятельности естественных монополий можно выделить три основные тенденции реформирования этих сегментов экономики, которые должны учитываться в отечественной практике регулирования:

1. Уменьшение жесткости государственного управления отраслями естественных монополий за счет государственно-частных партнерств (концессии, делегирование управленческих функций, совместные предприятия и государственные контракты) на базе объединения ресурсов государства и бизнеса.

2. Структурное вычленение собственно монопольного «ядра» как ключевой составляющей естественной монополии и его организационное отделение от потенциально конкурентных звеньев (разделение монополии на так называемые бизнес-дивизионы с отдельным учетом деятельности).

3. Воздействие процессов глобализации на традиционное ограничение конкуренции в естественных монополиях. При расширении экономического пространства и географических масштабов даже естественный монополизм ограничивается возникающей конкуренцией – у потребителя появляется больше возможностей выбора поставщика.

## INTERNATIONAL EXPERIENCE OF REGULATION ACTIVITIES OF NATURAL MONOPOLIES

E.V. KOROBTSOV

*“Belregiongaz” Ltd*

*e-mail: korobcov@belregiongaz.ru*

The article investigates international experience of regulation activities of natural monopolies. In the research have been represented four main trends of state policy in regulating natural monopolies: application and maintenance of unified international quality standards; regulation of price formation; formation and maintenance of competitive environment in the fields of natural monopolies and management of impressment mechanism and redistribution of monopolistic rent. Has been marked out three main tendencies of reorganization fields of natural monopolies in economies of foreign countries.

Key words: natural monopoly, methods of regulation, international quality standards, price policy, competitive markets, monopolistic rent.

---

<sup>9</sup> Сосна С.А. Концессионное соглашение: теория и практика. М.: Нестор Академик Паблшерз, 2002.

## ЭВОЛЮЦИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО МАРКЕТИНГА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

**Э.С. ЧАЧАШВИЛИ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: mily@bel.ru*

В статье рассмотрены основные теоретические подходы к стратегическому маркетингу, сформировавшиеся в процессе его эволюции. Охарактеризованы основные концепции, доминирующие в стратегическом маркетинге телекоммуникационных компаний на соответствующих этапах развития рынка. Выявлены специфические зависимости практики применения теоретических аспектов стратегического маркетинга на национальном рынке телекоммуникаций.

Ключевые слова: стратегический маркетинг, конкурентные преимущества, стратегия фирмы, рыночная концепция, ресурсная теория, институциональный подход, рынок телекоммуникаций.

---

Переход мировой экономики в конце XX века на новую ступень научно-технического развития, связанный с использованием высоких технологий, явился катализатором ускоренного роста телекоммуникационной отрасли. Высокие темпы развития телекоммуникационного рынка, которые можно наблюдать последние десятилетия, сочетается с ужесточением конкуренции в этой сфере. Все экономические субъекты, действующие на телекоммуникационном рынке, сталкиваются с некоторыми общими проблемами: быстрой изменчивостью окружающей среды, неопределенностью перспектив развития рынка и отрасли, быстрым технологическим старением продукции и появлением на рынке технологий-конкурентов, нехваткой специфических ресурсов и ограниченным доступом к ним, барьерами для входа на рынок. В такой ситуации на будущем телекоммуникационных компаний может отрицательно сказаться отсутствие внимания к стратегическому маркетингу и, непосредственно, к вопросам сохранения конкурентоспособности и развития конкурентных преимуществ.

Предметом теории стратегического маркетинга является процесс создания и поддержания конкурентных преимуществ, обеспечивающих недоступные соперникам ренты, т.е. источники извлечение дополнительной доходности, за счет комплексного применения инструментальных стратегий и методов маркетингового развития внутренних ресурсов и способностей фирмы.

Предпосылки выделения теории стратегического маркетинга возникли в период с начала 1960-х до середины 1970-х гг., который можно охарактеризовать как доаналитический (табл.).

У истоков научных исследований в этом направлении были: работа А. Чандлера «Стратегия и структура: главы из истории промышленного предприятия»; учебник Гарвардской школы бизнеса «Политика бизнеса», одним из авторов которого был К. Эндрюс; книга И. Ансоффа «Корпоративная стратегия: аналитический подход к политике роста и экспансии бизнеса» и некоторые др. В них были предложены ставшие впоследствии классическими для маркетинг-менеджмента определения и концепции<sup>1</sup>. В то же время большое значение в популяризации концепций Чандлера, Эндрюса, Ансоффа, а также дальнейшей разработке терминологии, механизмов и инструментария стратегического маркетинга, принадлежало трем консультационным компаниям США – McKinsey, Boston Consulting Group (BCG) и Bain.

На следующем этапе становления теории стратегического маркетинга в 80-е и 90-е годы XX века интерес исследователей обратился непосредственно к рассмотре-

---

<sup>1</sup> Третьяк О.А. Эволюция маркетинга: этапы, приоритеты, концептуальная база, доминирующая логика // Российский журнал менеджмента. 2006. Т.4. №2. С.129-144.

нию конкурентных преимуществ экономических субъектов с учетом новых реалий функционирования бизнеса.

Среди современных теоретических подходов особое значение приобрели рыночная, ресурсная и институциональная концепции конкурентных преимуществ.

Так, в 1980-х гг. в стратегическом маркетинге доминировал подход, основанный на рыночной концепции. Рыночная концепция рассматривает в качестве основы конкурентных преимуществ стратегическое отраслевое и рыночное положение. Рыночная концепция или школа позиционирования в определенной мере использует модели рынков несовершенной конкуренции и подходы теории организации промышленности для анализа конкурентных преимуществ фирмы. И. Ансофф разработал саму идею и процедуру стратегического планирования, основанную на принятии компанией решений относительно выбора продукции, рынков сбыта и организационной структуры.

Таблица

**Сравнение этапов развития теории и практики стратегического маркетинга**

	Характеристики этапа	Теория	Рынок телекоммуникаций
<b>Этап I</b>	<i>Период</i>	1970-е гг.	до 1992 г.
	<i>Источники конкурентных преимуществ</i>	Внутренние (сильные и слабые стороны фирмы)	-
	<i>Основные концепции</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стратегическое планирование</li> <li>• Концепция стратегии</li> <li>• Корпоративная стратегия</li> </ul>	-
<b>Этап II</b>	<i>Период</i>	1980-е гг.	1992-1998 гг.
	<i>Источники конкурентных преимуществ</i>	Рыночный подход, внешние (структура отрасли и иного окружения фирмы)	Внутренние (сильные и слабые стороны фирмы) и внешние (структура отрасли и иного окружения фирмы)
	<i>Основные концепции</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Концепция стратегического управления</li> <li>• Типовые конкурентные стратегии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стратегическое планирование</li> <li>• Корпоративная стратегия</li> <li>• Стратегии проникновения на рынок</li> </ul>
<b>Этап III</b>	<i>Период</i>	1990-е гг.	1999-2004 гг.
	<i>Источники конкурентных преимуществ</i>	Ресурсный подход, внутренние (ресурсы и способности фирмы)	Внешние (структура отрасли и иного окружения фирмы) и внутренние (ресурсы и способности фирмы)
	<i>Основные концепции</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ресурсная база фирмы</li> <li>• Ключевые компетенции</li> <li>• Динамические способности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стратегии развития рынков</li> <li>• Стратегии разработки товара</li> </ul>
<b>Этап IV</b>	<i>Период</i>	2000-е гг.	2005-2008 гг.
	<i>Источники конкурентных преимуществ</i>	Институциональный подход, междисциплинарный ресурсный подход	Синтез (взаимодополнение) внутренних и внешних
	<i>Основные концепции</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сетевая организация</li> <li>• Управление знаниями</li> <li>• Стратегические инновации в экономике</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стратегии диверсификации</li> <li>• Формирование новой парадигмы стратегий в соответствии с реалиями рынка</li> </ul>



М. Портер и его последователи применили методы стратегического маркетинга к анализу конкуренции. Именно Портер сфокусировал внимание на выявлении конкурентных преимуществ фирм, в результате чего были разработаны модель пяти конкурентных сил отрасли и модель «цепочки ценности организации», которые позволили рассмотреть вопросы формирования конкурентных преимуществ компании с учетом особенностей текущей конкурентной среды. М. Портер отдает приоритет в воздействии на формирование конкурентных преимуществ позиционированию компании в рыночном пространстве с учетом внутренних способностей и возможностей фирмы. Согласно Портеру, фирма достигает конкурентного преимущества, когда выполняет такие стратегически важные виды деятельности, как проектирование, производство, маркетинг и дистрибуцию своих продуктов с меньшими издержками или лучшим качеством, чем ее конкуренты<sup>2</sup>.

Хотя в концепции конкурентных стратегий М. Портера подчеркивается значение стратегического позиционирования в выборе между лидерством по издержкам или дифференциацией и между широкой и узкой сферой деятельности на рынке, в основе этого выбора лежат ресурсы фирмы.

На третьем этапе (1990-е гг.) развития в стратегическом маркетинге доминирует ресурсный подход. В рамках ресурсной теории утверждается, что конкурентное преимущество в большей степени, нежели внешние факторы, является источником межфирменных различий в прибыльности.

Ресурсная концепция рассматривает конкурентное преимущество как следствие эффективного развития и использования субъектом определенных, наиболее важных для конкурентной борьбы и труднокопируемых видов ресурсов. Ресурсная концепция конкурентных преимуществ основана на одной из базовых экономических парадигм «ресурсы – поведение фирмы -результат» и берет свое начало в теории фирмы. Ресурсная концепция имеет истоки в работах Дж. Пенроуз, Б. Вернерфельта, но более четко оформилась в начале 1990-х гг. в работах исследователей Р. Рамелта, Д. Аакера, Р. Амита, Д. Тиса, С. Монтгомери, Р. Гранта, К.К. Прахалада и Г. Хамела и др.<sup>3</sup>. В рамках ресурсной концепции особое значение придается комбинациям уникальных и труднокопируемых способностей, факторов и ресурсов.

В научных работах по данной проблематике отмечается необходимость систематического развития нематериальных специфических ресурсов в деятельности компании и их приумножения для создания устойчивых конкурентных преимуществ. Важной составляющей данной концепции является теория ключевых компетенций бизнеса, разработанная Р. Грантом, к которым он относит центральные, специфические способности экономического субъекта по использованию имеющихся ресурсов<sup>4</sup>. Ресурсная концепция во многом согласуется с современной конкурентной и быстроменяющейся экономической действительностью, а также применима к работе телекоммуникационных компаний, строящих свою конкурентную борьбу в большей мере на основе использования ресурсов.

В 2000-х гг. появление и развитие новых организационных форм потребовало другого, отличного от традиционного, маркетингового подхода, в котором основную роль играют долгосрочные отношения с потребителями, партнерства и стратегические альянсы. Сетевой характер организации субъектов в современной экономике приводит к изменениям основ конкуренции в направлении сочетания конкурентных и кооперативных отношений между участниками рынка. Экономическое поведение и экономический выбор субъектов рынка определяются не только задачами получения прибыли, материальными и нематериальными ресурсами, но и ограничениями,

---

<sup>2</sup> Катькало В.С. Место и роль ресурсной концепции в развитии теории стратегического управления // Вестник СПб Университета. 2003. Сер.8. Вып.3(24). С.3-17.

<sup>3</sup> Бухвалов А.В., Катькало В.С. Современные трактовки стратегий диверсификации // Российский журнал менеджмента. 2008. Т.6. №1. С.57-64.

<sup>4</sup> Грант Р. М. Ресурсная теория конкурентных преимуществ: практические выводы для формулирования стратегии // Вестник СПб Университета. 2003. Сер.8. Вып.3 (24). С. 47–75.

имеющими социальную природу, человеческими нормами, ценностями, традициями и установками. Эти факторы обусловили начало четвертого этапа развития теории стратегического маркетинга, базирующегося на институциональной теории.

Институциональный подход, беря свое начало в новой институциональной экономической теории, социологии и в исследованиях сетевых образований, рассматривает в качестве источника конкурентных преимуществ субъекта его способность эффективно интегрироваться в окружающую бизнес-среду, ее инфраструктуру и информационное поле. Согласно этой концепции, конкурентные преимущества появляются в результате интеграции в компании процессов взаимодействия на индивидуальном (нормы, привычки, традиции), организационном (корпоративная культура, система ценностей) и межорганизационном (воздействие со стороны государства, отраслевых альянсов, общественных ожиданий) уровнях. Целью такой интеграции является формирование и использование коллективных конкурентных преимуществ, генерирующих особые «отношенческие» ренты. В настоящее время институциональные теории еще мало используются при изучении стратегического маркетинга. Исследования в этой области представлены в работах Ф. Вебстера, Дж. Ханделмана и С. Арнольда<sup>5</sup>. В своей работе Ф. Вебстер приходит к выводу о необходимости создания модели, в которой особый акцент был бы сделан на долгосрочных партнерских взаимоотношениях. Однако создание и наличие таких связей автор рассматривает как нематериальные специфические ресурсы компании. Примерами важнейших ресурсов такого рода могут быть знание потребителя о продуктах и марках фирмы и системы его предпочтений.

Ввиду того, что исследование институциональных изменений в социальных нормах и способах мышления продолжаются уже значительное время, институциональная концепция стратегического маркетинга пока находится на стадии своего развития.

Формирование новой парадигмы стратегий для постиндустриальной экономики происходит в условиях ускоряющегося научно-технического прогресса и высокодинамичных рынков, обуславливающих необходимость разработки принципиально новых подходов к стратегическому маркетингу. Создание междисциплинарного ресурсного подхода происходит на основе интеграции политической экономии, организационной психологии и стратегического управления. Этот подход позволяет рассмотреть проблему определения сферы компетенции и позиционирования фирмы в ценностной цепочке.

Специфика диагностики и поддержания конкурентных преимуществ имеется у различных типов отраслей, рынков и фирм. Объектом нашего исследования являются крупные телекоммуникационные компании, действующие в рыночных структурах несовершенной конкуренции. Обладая рыночной властью, такие компании менее зависимы от рыночных и институциональных факторов. Поэтому на первый план в стратегическом маркетинге телекоммуникационных компаний выдвигаются внутренние ресурсы и способности, являющиеся источниками устойчивого конкурентного преимущества. Однако, на разных этапах развития рынка российские телекоммуникационные компании применяли различные подходы к формированию маркетинговых стратегий. Отличительной особенностью эволюции практики стратегического маркетинга на национальном рынке телекоммуникаций является ускоренный процесс смены главенствующих концепций при разработке стратегий.

Аналитики в своих оценках развития российского телекоммуникационного рынка в сегменте сотовой телефонии выделяют три основных периода, характеризующихся различными маркетинговыми стратегиями телекоммуникационных компаний.

Первый – (с 1992 г. по август 1998 г.) – время, когда в России начали разворачивать первые системы сотовой связи стандартов NMT и AMPS. Абонентов было

---

<sup>5</sup> Волкова М.М., Гренхауг К., Корнелиуссен Т. Институциональный подход и обучение маркетингу в России // Маркетинг в России и за рубежом. 2003. Вып.4. С. 26-32.

сравнительно немного, что формировало высочайшие, даже по европейским меркам, тарифы на услуги мобильной связи. Компании реализовывали стратегии проникновения на рынок.

Второй начинается с августа 1998 г., когда после кризиса многие иностранцы-абоненты сотовой связи уехали из России, что резко снизило количество потребителей. По оценке журнала "Сотовик", потери абонентов сотовых операторов составили в среднем 20%, а в некоторых регионах — до 50%. Кризис явился причиной резкого изменения компаниями сотовой телефонии своей клиентской базы. В конкурентной борьбе за клиентов операторы пошли на беспрецедентное снижение тарифов, что позволило назвать изменения рынка сотовой связи "войной цен". Компания "Вымпелком", реализуя стратегию разработки товара, предложила потребителю коробочный продукт, включающий в себя мобильный телефон, предоплаченную карточку и разрешение на использование телефона, что в совокупности оценивалось компанией всего в 49 долл. США. В результате приток новых абонентов "Билайн" только в первые месяцы продажи данного продукта составил более 50 тыс. человек<sup>6</sup>.

В результате спрос на услуги сотовой связи стал приобретать массовый характер, что поддерживалось продолжающейся войной цен между основными операторами ("Вымпелком", "Мобильные телесистемы", "Мегафон"). В этот период интенсивно начинали осваиваться дополнительные услуги, такие как доступ к Интернет, услуги электронной коммерции и т.д., поскольку основные телекоммуникационные компании активно реализуют стратегии развития рынков. В борьбе за клиентов компании сотовой связи вводят посекундную плату, создают клиентские отделы, выделяют для абонентов персональных менеджеров.

Стабилизация рыночных долей компаний сотовой связи и окончание ценовых войн привели к следующему периоду развития услуг сотовой связи в России, когда существенно выросло количество абонентов, а также расширился перечень дополнительных услуг, предоставляемых операторами мобильной связи. Рост числа абонентов в России практически стабилизировался в количественном отношении. На данной стадии развития игроки рынка разрабатывают и внедряют стратегии диверсификации.

Сравнение эволюции теории и практики применения стратегического маркетинга российскими телекоммуникационными компаниями представлено в таблице (см. табл.).

Как видно из таблицы, отставание в развитии практики применения стратегического маркетинга российскими телекоммуникационными компаниями от его теоретических аспектов, разрабатываемых западными исследователями на фоне функционирования их национальных рынков, на ранних стадиях составляло более двух десятилетий. Тем не менее, в настоящее время этот разрыв сократился до минимума. Можно сказать, что на сегодняшний день отечественные телекоммуникационные компании используют самые современные концепции и подходы при формулировании стратегий с учетом специфики развития российского рынка.

В специфическом характере развития маркетинговых стратегий российских телекоммуникационных компаний просматривается несколько тенденций.

Во-первых, переход к рыночной экономике позволил выйти на рынок телекоммуникационным компаниям с иностранными инвестициями, которые, помимо внедрения новейших технологий, привнесли шаблоны маркетинговых решений, способствовали интенсивному развитию практики стратегического маркетинга.

Во-вторых, высокие темпы развития рынка порождали динамику рыночной конъюнктуры, увеличивали эластичность спроса, влияли на другие рыночные механизмы. Эти тенденции обусловили гораздо более сжатые сроки (по сравнению с за-

---

<sup>6</sup> Телекоммуникации и право: вопросы стратегии / под ред. Ю.М. Батурина. М.: Центр "Право и СМИ", Журналистика и право. Вып. 26. 2000. С. 324.



падными компаниями) развития практики применения национальными телекоммуникационными предприятиями стратегического маркетинга.

В-третьих, естественно-монопольное регулирование рынка услуг проводной телефонии, в сочетании с высокими барьерами входа на рынок, создало условия для синтеза подходов к организации стратегического маркетинга в телекоммуникационных компаниях.

Учитывая тенденции либерализации национального телекоммуникационного рынка, направленные на стимулирование конкуренции, а также кризисные явления в современной экономике, вопросы повышения эффективности выявления и удержания конкурентных преимуществ в настоящее время стоят особенно остро. Поэтому, можно предположить, что замедления темпов распространения стратегического маркетинга в практике отечественных телекоммуникационных компаний в ближайшей перспективе наблюдаться не будет.

## EVOLUTION OF STRATEGIC MARKETING: THEORY AND PRACTICE

E.S. CHACHASHVILI

*Belgorod State University*

*e-mail: mily@bel.ru*

The basic theoretical approaches to the strategic marketing, generated in the course of its evolution are considered in article. The basic concepts dominating in strategic marketing of the telecommunication companies at corresponding stages of development of the market are characterised. Specific dependences of practice of application of theoretical aspects of strategic marketing in the national market of telecommunications are revealed.

Key words: the strategic marketing, competitive advantages, firm strategy, the market concept, the resource theory, the institutional approach, the market of telecommunications.

## РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «РАЗВИТИЕ АПК» НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

**Т.В. САВЧЕНКО**  
**Е.Д. БРОВЧЕНКО**

*Алексеевский филиал  
Белгородского  
государственного университета*

*e-mail: ADMIN@AF.BSU.EDU.RU*

В статье рассмотрены результаты реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК» по направлению «Ускоренное развитие животноводства» за 2006-2007 гг. на предприятиях Воронежской области, осуществляющих инвестиционные проекты в молочном скотоводстве.

Ключевые слова: национальный проект, развитие АПК, финансово-хозяйственная деятельность, молочное скотоводство, инвестиции.

Признание аграрного сектора российской экономики одним из важнейших приоритетов в рамках государственного регулирования и поддержки в конце 2005 г. дало надежду отечественным сельскохозяйственным предприятиям на восстановление и стабилизацию своей деятельности, в особенности в отрасли животноводства. Несмотря на то, что поддержка сельского хозяйства страны постоянно росла и в 2005 г. достигла уровня 12,9 млн. руб., в общей сумме расходной части федерального бюджета удельный вес финансирования данной отрасли экономики до начала реализации проектов не превышал 1%. Государственная поддержка программ и мероприятий по развитию животноводства в сумме затрат государства на поддержку сельского хозяйства за 2000-2005 гг. составляла всего 5-12%. В итоге рентабельными являлись только птицеводство и свиноводство, а выращивание крупного рогатого скота и производство молока оказывались убыточными в связи с высоким сроком окупаемости и ограниченным рынком сбыта получаемой продукции. Поэтому молочное скотоводство является наиболее проблемным и затратным на сегодняшний день. Его эффективность во многом зависит от результатов финансово-хозяйственного взаимодействия с другими производственными секторами (растениеводство, строительство животноводческих помещений, топливно-энергетический комплекс и т.д.).

Национальный проект «Развитие АПК» по направлению «Ускоренное развитие животноводства» был рассчитан на 2006-2007 гг. и предполагал решение первоочередных задач: стабилизацию поголовья крупного рогатого скота на уровне 2005 г., увеличение производства молока на 4,5 % и мяса на 7,0 %. Для этого планировалось выделить из федерального бюджета 16,43 млрд. руб., из них 8 млрд. руб. – на увеличение уставного капитала ОАО «Росагролизинг», 6,63 млрд. руб. – на субсидирование процентной ставки по кредитам сельхозорганизаций, оформляемых на срок до 8 лет на строительство, реконструкцию и модернизацию животноводческих комплексов. В 2007 г. к мероприятиям проекта добавились субсидирование расходов на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным на срок до 5 лет и 1 года в российских кредитных организациях, на приобретение племенного скота, оборудования для животноводческих комплексов и предприятий промышленного рыболовства. Также было введено субсидирование расходов на поддержку племенного животноводства. Вошли в план мероприятия по поддержке северного оленеводства, табунного коневодства и овцеводства при предусмотренном увеличении голов на 3,2 %, 2,8 % и 3 % соответственно. При этом государственная поддержка по направлению «Ускоренное развитие животноводства» увеличилась до 27,676 млрд. руб.

Воронежская область также активно включилась в реализацию проекта «Развитие АПК». Общий размер государственной поддержки отрасли животноводства сельхозпредприятиям области за годы реализации национального проекта составил 413,0 млн. руб., в том числе из федерального бюджета – 98,2 млн. руб. и из областно-



го бюджета – 314,8 млн. руб. Распределение средств произошло следующим образом (см. табл.).

Уже в 2006 г. были включены в проект по молочному направлению десять воронежских предприятий. Согласно инвестиционным карточкам проектов, планировалось осуществить, в основном, реконструкцию уже имеющихся животноводческих помещений и приобретение необходимого технологического оборудования для доения, охлаждения молока, навозоудаления, автоматизированного доения, а в некоторых случаях и для дальнейшей переработки молока. Прогнозируемый объем финансирования составил 1 136 млн. руб., из которых почти 75 % средств (847 млн. руб.) отводилось на долгосрочные кредиты банков. При успешном осуществлении намеченных работ данные предприятия должны были выйти на ежегодное производство молока в размере 57,5 тыс. т при поголовье коров почти в 7 300 шт. В 2007 г. еще десять предприятий подали заявки на включение их в реализацию проекта, большинство из которых получило до конца года подтверждение из Министерства сельского хозяйства РФ.

Таблица

**Распределение финансирования реализации национального проекта  
по направлению «Ускоренное развитие животноводства»  
в Воронежской области из федерального и областного бюджетов, млн. руб.**

Показатели	2006 г.	2007 г.	Итого 2006-2007 гг.
<b>Расходы федерального бюджета:</b>	<b>18,5</b>	<b>79,7</b>	<b>98,2</b>
– на поддержку племенного животноводства	6,4	12,7	19,1
– субсидирование процентных ставок по привлеченным кредитам	12,1	67,0	79,1
<b>Расходы областного бюджета:</b>	<b>73,4</b>	<b>241,4</b>	<b>314,8</b>
– на поддержку животноводства	68,1	140,0	208,1
– субсидирование процентных ставок по привлеченным кредитам	5,3	30,0	35,3
– финансовая помощь в строительстве объектов инженерной инфраструктуры		71,4	71,4
<b>ИТОГО</b>	<b>91,9</b>	<b>321,1</b>	<b>413,0</b>

Среди новых участников проекта по молочному направлению пять предприятий оказалось вновь созданными. Объясняется это тем, что более 1/3 всех функционирующих воронежских предприятий на начало осуществления проекта оказались убыточными с длинным шлейфом просроченной задолженности перед кредиторами, в т.ч. перед бюджетами всех уровней. Одним же из условий участия в нацпроекте было отсутствие последних, в результате чего убыточные и обанкротившиеся предприятия либо реорганизовывались, либо скупались новыми хозяевами-инвесторами. Таковыми стали СПК концерн «Детскосельский», ООО «Компания Юнимилк», ОАО «Тракторозэкспорт» и др. Остальные предприятия-участники проекта оказались довольно устойчивыми хозяйствами, зарекомендовавшими себя благополучными заемщиками для банков и надежными налогоплательщиками для государства. Например, ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района за последние полтора года присоединило к себе пять экономически слабых хозяйства с общей площадью сельскохозяйственных угодий более 25 тыс. га.

В результате, с учетом реализации проекта по молочному направлению, целевой показатель повышения производства молока на 3,5% в Воронежской области в 2007 г. по сравнению с 2005 г. выполнен с превышением на 0,1%. В 2007 г. всеми категориями хозяйств произведено 640,2 тыс. т молока. Создано 14,05 тыс. скотомест для крупного рогатого скота при запланированных 6,2 тыс. скотомест.

За 2006-2007 г.г. введены в эксплуатацию молочные комплексы ОАО «Маяк» Лискинского района на 1300 гол., ЗАО «Хреновской конный завод» Бобровского рай-

она – на 800 гол., ООО «Ольховлогский» Каменского района – на 400 гол., первые очереди молочного комплекса на 1000 гол. ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района и на 1000 гол. – СХА им. Мичурина Терновского района. Данными предприятиями за 2006-2007 гг. освоено около 530 млн. руб. или почти 80 % от запланированной потребности, из которых более 70 % составляют банковские кредиты. Общий объем производства молока в хозяйствах, введенных в эксплуатацию за 2006-2007 гг., в 2007 г. возрос по сравнению с 2005 г. на 40,7 % или на 140 т. Это объясняется увеличением среднегодового молочного поголовья в 2,3 раза, что в 2007 г. составило 5,3 тыс. гол. против 2,3 тыс. гол. в 2005 г. На 01.01.08 г. на данных предприятиях зарегистрировано 23,3 тыс. гол. крупного рогатого скота, в том числе 5,6 тыс. коров. Молочная продуктивность на всех введенных в эксплуатацию комплексах в 2007 г. была выше 4000 кг/гол. Социальный эффект также очевиден: на пяти предприятиях количество работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, с 2005 г. увеличилось на 371 чел. и составило в 2007 г. 1894 чел. В том числе за данный период возросла численность операторов машинного доения на 21% и скотников КРС на 37%, общее количество которых стало 205 и 252 чел. соответственно. В связи с технологическим обновлением ферм, количество операторов машинного доения на 100 коров снизилось с 26 чел. до 19 чел. При этом средняя зарплата данных категорий работников выросла на 65% и 21% и составила в 2007 г. 8797 руб. и 5361 руб. соответственно.

Подтверждением успешности реализации нацпроекта на уже функционирующих предприятиях служит повышение рентабельности молока (рис.).

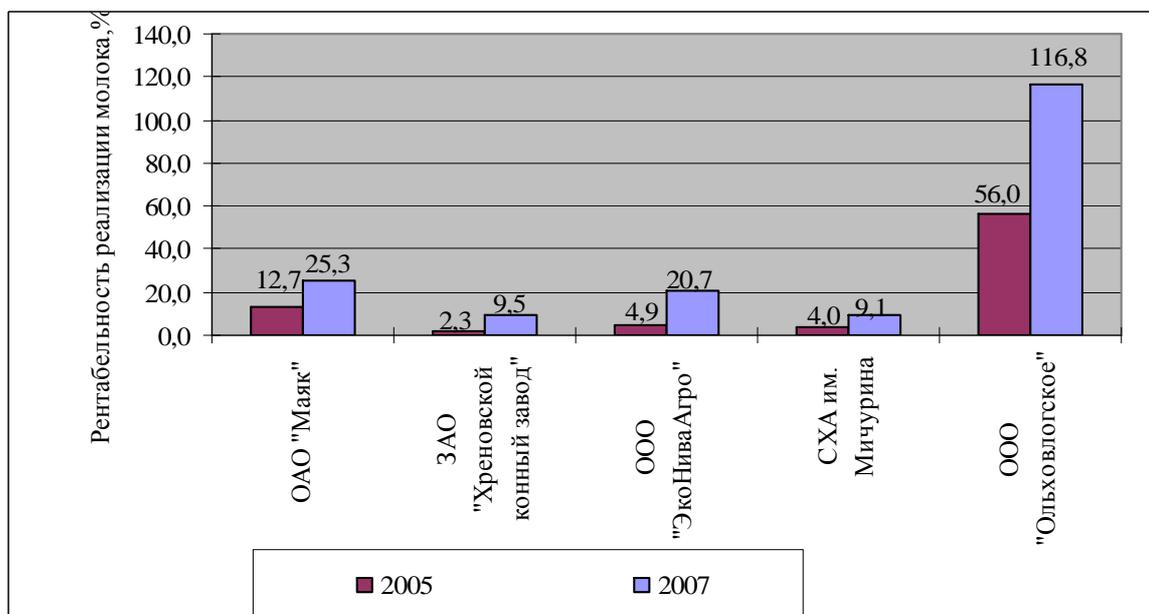


Рис. Рентабельность реализации молока на предприятиях-участниках национального проекта в Воронежской области, введенных в эксплуатацию в 2006-2007 гг.

Средняя рентабельность реализованного молока на данных предприятиях составила в 2007 г. около 20% против 10% в 2005 г. Средняя себестоимость в исследуемых предприятиях возросла с 2005 г. по 2007 г. в 2,1 раза, а средняя реализационная цена – в 3,3 раза. При этом средняя по данным хозяйствам цена 1 ц молока в 2007 г. составила 962,9 руб., в то время как по Российской Федерации аналогичный показатель находился на уровне 841 руб. Средний размер прибыли на 1 ц молока по пяти предприятиям составил в 2007 г. 167,9 руб., достигая 526 руб. в ООО «Ольховлогское», против 51,5 руб. 2005 г. В итоге все предприятия, осуществившие проект в 2006-2007 гг. по молочному направлению национального проекта «Ускоренное развитие животноводства», оказались в 2007 г. рентабельными в среднем на 22%. Таким



образом, можно считать, что данные пять предприятий успешно осуществили реализацию проекта.

Однако результаты работы национального проекта в части молочного скотоводства в Воронежской области можно назвать только удовлетворительными. Из графика реализации инвестиционных проектов по молоку за 2006-2007 гг. видно, что работы должны были быть закончены на десяти предприятиях Воронежской области вместо реальных пяти.

Так, в ООО «Острянский колос» Нижнедевицкого района, где планировалось реконструировать комплекс на 400 гол. с мощностью 900 т молока, из-за тяжелого финансового положения реализация проекта была приостановлена и представлены документы на исключение из проекта. В 2007 г. была приостановлена реализации проекта и в колхозе «Россия» Грибановского района в связи с имеющейся задолженностью перед бюджетом. При нестабильной выплате причитающихся субсидий как из федерального, так и из областного бюджетов и при высоком диспаритете цен на некоторых предприятиях значительно увеличились сроки реализации проектов. Так, в ЗАО «Дон» Хохольского района отставание составляло более 12 месяцев.

В результате только в первом полугодии 2008 г. введены в эксплуатацию еще шесть объектов: комплекс ООО «Нижнекисляйские свеклосемена» Бутурлиновского района – на 800 гол., ООО «Агро-Гарант-Молоко» Семилукского района – на 450 гол., СХА «Терновский» Терновского района – на 200 гол., ЗАО «Дон» Хохольского района – на 1200 гол., достраиваются телятники на комплексе ООО «Идеал» Лискинского района на 1070 гол. и практически завершены строительные-монтажные работы в ООО «Восток-Агро» Россошанского района с проектным поголовьем в 1100 гол. Продолжаются работы на комплексе ООО «Агрокультура» Эртильского района на 800 гол. До конца 2009 г. планируется ввести в действие молочный комплекс на 800 гол. в ООО «Инвестагропромкомплекс» Бутурлиновского района, где пока не хватает кредитных средств; комплекс в ООО «АФ Гарантия» Новоусманского района на 300 гол., реализация которого приостановлена из-за тяжелого финансового положения; комплекс на 1200 гол. в ООО «Бутурлиновский агрокомплекс» Бутурлиновского района, где строительство сдерживается из-за отсутствия достаточного количества пашни для производства кормов с целью обеспечения будущего поголовья. Пока медленными темпами из-за неполучения кредитных средств ведется реконструкция комплекса на 500 гол. в ЗАО «Юдановские просторы» Бобровского района. Только в 2008 г. проведены со срывом в 2-4 месяца геодезические изыскательские работы и представлен план-график строительства первой очереди проекта на 1200 гол. в ОАО «ВоронежАгро.Никольское» Воробьевского района, не начато строительство в ООО «Шестаковское» Бобровского района.

Уже в 2008 г. в продолжении национального проекта, согласно Программе развития сельского хозяйства на территории Воронежской области на 2008-2012 гг., в инвестиционных проектах участвуют ЗАО «Лосево» Павловского района с реконструкцией молочного комплекса, а также ООО «Аркада-Агро» Хохольского района и ОАО «Красный восток» Бобровского района с запланированным строительством ферм. Проектная мощность каждого из данных трех проектов составит 1200 гол. Однако из-за отсутствия кредитных ресурсов работы идут только за счет собственных средств и медленными темпами. В результате десять хозяйств области с проектной мощностью 88 тыс. т молока и поголовьем в 14,4 тыс. гол., введение в эксплуатацию которых ожидается в 2008-2009 гг., на 02.10.08 г. освоили только 11% от общей стоимости проекта.

И все же нельзя не отметить, что предпринятые государством меры поддержки сельского хозяйства вызвали интерес у многих крупных предприятий, готовых осуществлять инвестиционные проекты в молочном скотоводстве и имеющие на это необходимые средства. Так, уже в рамках Воронежского международного форума, заключены соглашения с ЗАО «Малино-Инвест», ЗАО «АгроТехноПарк», ООО «Продимекс-Холдинг», ООО «УК Агро-Инвест» и др. несколькими районами Воронежской области с общей проектной мощностью 108 тыс. т молока и поголовьем



18 тыс. гол. Таким образом, можно сделать вывод, что мероприятия, предусмотренные национальным проектом «Развитие АПК», в Воронежской области в части молочного производства уже дали некоторый экономический эффект, который должен и может быть преумножен.

REALIZATION OF THE NATIONAL PROJECT  
«AIC DEVELOPMENT AT THE DAIRY CATTLE-BREEDING ENTERPRISES  
OF VORONEZH REGION»

T.V. SAVCHENKO  
E.D. BROVCHENKO

*Alexeyevka branch of the BSU*

*e-mail: ADMIN@AF.BSU.EDU.RU*

The realization results of the priority national project " AIC development" in the direction of "livestock farming rapid development" in 2006-2007 at the enterprises of Voronezh region which exercise investing projects in dairy cattle-breeding are considered in the article.

Key words: national project, AIC development, financial-economic activity, dairy cattle-breeding, investments.

---

---

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

---

---

УДК 303.732.4

## НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**В.И. Капалин<sup>1)</sup>**  
**И.В. Витохин<sup>1)</sup>**  
**Нгуен Дун Чинь<sup>2)</sup>**  
**Нгуен Нгок Хуэ<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> *Московский институт  
электроники и математики  
(технический университет)*

<sup>2)</sup> *Вьетнамский университет  
транспорта*

<sup>3)</sup> *Вьетнамский морской  
университет*

Рассматриваются методы обучения нейросетевых моделей для линейных и нелинейных систем управления с помощью расширения Neural Network Toolbox пакета MATLAB. Настроенные модели используются для построения нейросетевых регуляторов типа NARMA-L2.

Ключевые слова: непараметрическая идентификация, нелинейные модели, нейронная сеть, скрытые нейроны, алгоритм обратного распространения ошибки, нейросетевой регулятор.

---

---

### **Введение**

Одной из основных проблем, возникающих при управлении техническими объектами, является проблема идентификации, т.е. проблема построения математической модели управляемого объекта по экспериментальным данным. Традиционно методы идентификации разделяют на две большие группы – непараметрические и параметрические. К первым относят методы, применимые когда информация о структуре модели объекта отсутствует, т.е. когда объект представляет собой «черный ящик». В этом случае отыскиваются некоторые функциональные характеристики модели, такие как импульсная переходная функция или частотные характеристики для линейных систем. Для нелинейных систем это могут быть ядра полиномов Вольтерра или полиномов Винера или их изображения по Фурье [1]. В тех случаях, когда имеется априорная информация об уравнении модели, заданной с точностью до неизвестных параметров, используются методы параметрической идентификации. Здесь проблема сводится к проблеме отыскания неизвестных коэффициентов передаточной функции системы или коэффициентов уравнения в пространстве состояний [2]. Следует отметить, что если непараметрические методы, как например, измерение частотных характеристик, осуществляется для целей управления объектами, неизбежно возникает еще один этап – параметризация модели [3].

Альтернативным путем решения задачи непараметрической идентификации, не требующим параметризации модели для целей управления является нейросетевой

подход. Его практическое применение стало возможным после включения в фактический университетский стандарт MATLAB расширения Neural Network Toolbox [4].

В данной работе рассматриваются результаты обучения в этом расширении моделей линейных и нелинейных систем управления и результаты построения для них нейросетевых регуляторов.

### **Нейросетевая модель линейной системы управления**

В качестве модели линейной системы использовалась модель морского дизеля Foden FD7 для средних скоростей, задаваемая передаточной функцией.

$$W(p) = \frac{-0.36p + 19.06}{s^2 + 15.58s + 13.04} \quad (1)$$

Выбранная архитектура нейронной сети задавала сеть прямого распространения со скрытыми нейронами. Обучение осуществлялось с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. Моделирование вход-выходных свойств дизеля по передаточной функции (1) осуществлялось в расширении Simulink, с помощью кнопки Random Numbers.

Кривая, характеризующая изменение ошибки в процессе обучения сети, показана на рис. 1.

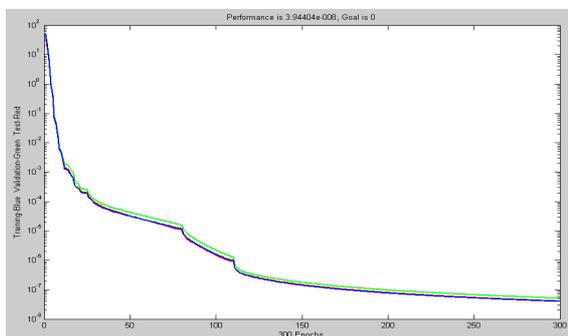


Рис. 1

Обучение закончилось через 300 эпох. Модель задавалась сетью прямого распространения со скрытыми нейронами.

### **Модели нелинейных систем**

В качестве нелинейных моделей для нейросетевой непараметрической идентификации использовались три вида моделей:

- Модель Гаммерштейна

$$y(t) = \int_0^t k(\tau) \sum_{i=1}^M a_i u^i(t-\tau) d\tau \quad (2)$$

- Модель Винера

$$y(t) = \sum_{i=1}^M a_i \left( \int_0^t k(\tau) u(t-\tau) d\tau \right)^i \quad (3)$$

- Модель Винера-Гаммерштейна

$$y(t) = \int_0^t k(\tau) \sum_{i=1}^M a_i x^i(t-\tau) d\tau \quad (4)$$

где

$$x(t) = \int_{t_0}^t h(\tau) u(t-\tau) d\tau$$

Эксперименты в Neural Network Toolbox показали, что обучение для нелинейных моделей значительно сложнее, чем обучение для линейных моделей. Для дости-

жения приемлемой точности было необходимо ввести следующие модификации в процессе обучения. Во-первых, число нейронов скрытого слоя было увеличено до 32 для обеспечения возможности моделирования сложной динамики нелинейных объектов. Во-вторых, была увеличена длина обучающей последовательности до 20000 для обеспечения возможности адекватной реакции на различные входные сигналы. В-третьих, были введены ограничения на значения входного сигнала, выбираемого из интервала  $[-1;1]$ . Указанные видоизменения позволили провести обучение нейронных сетей для всех трех типов нелинейных систем. На рис. 2 приведена схема Simulink-модели для нелинейной модели Гаммерштейна.

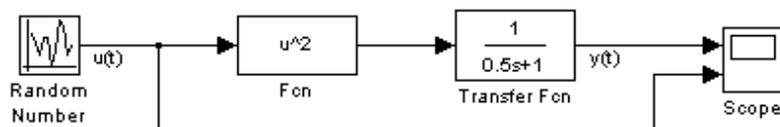


Рис. 2

Кривая ошибки показана на рис. 3. Обучение закончилось через 300 эпох.

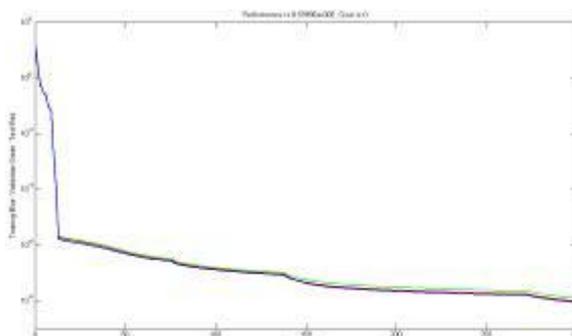


Рис.3

На рис. 4-5 показаны аналогичные результаты для модели Винера, а на рис. 6-7 – для модели Винера-Гаммерштейна.

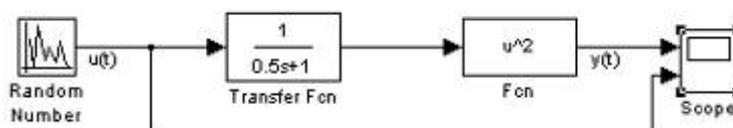


Рис. 4

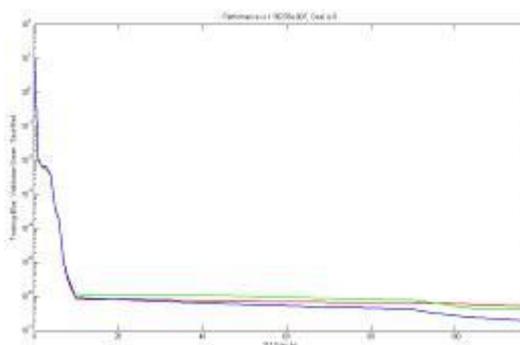


Рис. 5

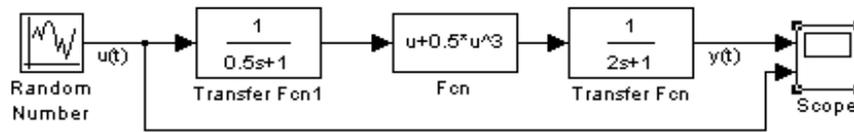


Рис. 6

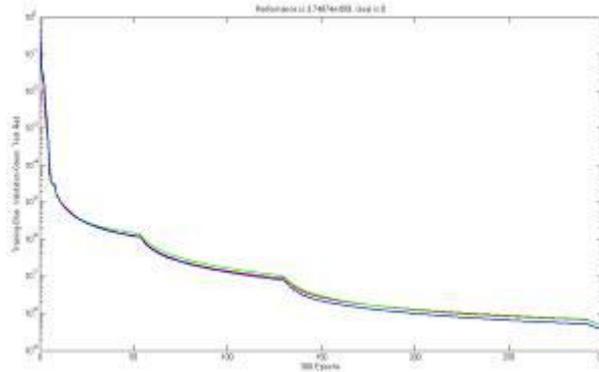


Рис. 7

**Верификация нейронных сетей**

На последнем этапе непараметрической идентификации с помощью нейронных сетей проводилась их верификация с полигармоническими сигналами и сигналами типа белый шум с помощью соответствующих кнопок в Simulink (рис. 8).

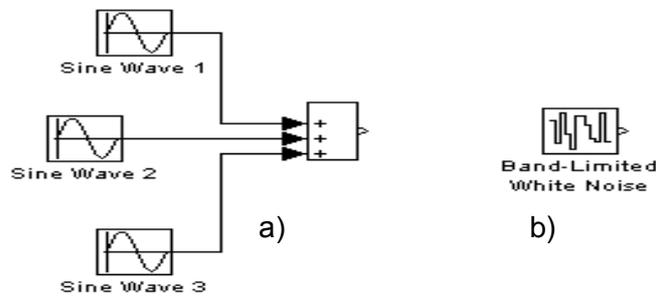


Рис. 8

Результаты верификации для нейросетевой модели Винера-Гаммерштейна показаны на рис. 9 и 10.

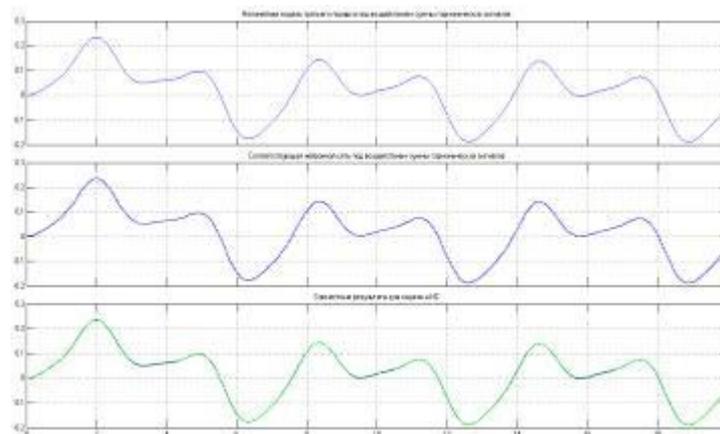


Рис. 9

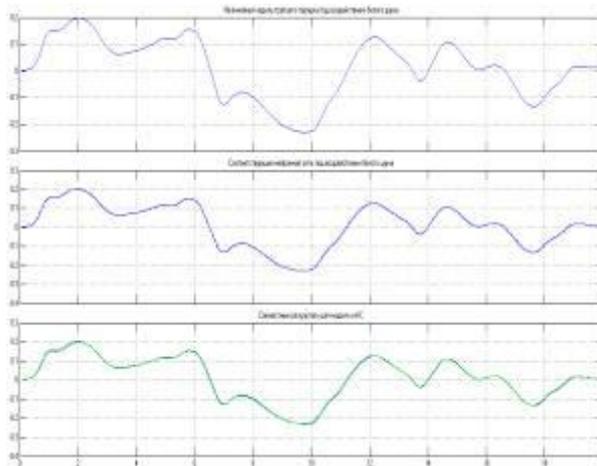


Рис. 10

Из этих графиков и аналогичных графиков, полученных для всех других рассмотренных моделей можно сделать непосредственное заключение об адекватности нейросетевых моделей для линейных и нелинейных объектов управления.

**Синтез нейросетевого регулятора**

Заключительный этап математического проектирования системы управления – это этап синтеза регулятора. В рассматриваемом случае использовался регулятор NARMA-L2 [4]

$$u(k+1) = \frac{y_r(k+d) - f[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k-1), \dots, u(k-m+1)]}{g[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k-1), \dots, u(k-m+1)]}, \quad (5)$$

Синтез проводился для модели морского дизеля. Соответствующие схемы моделирования приведены на рис 11. Аналогичные результаты были получены и для нелинейной модели Винера.

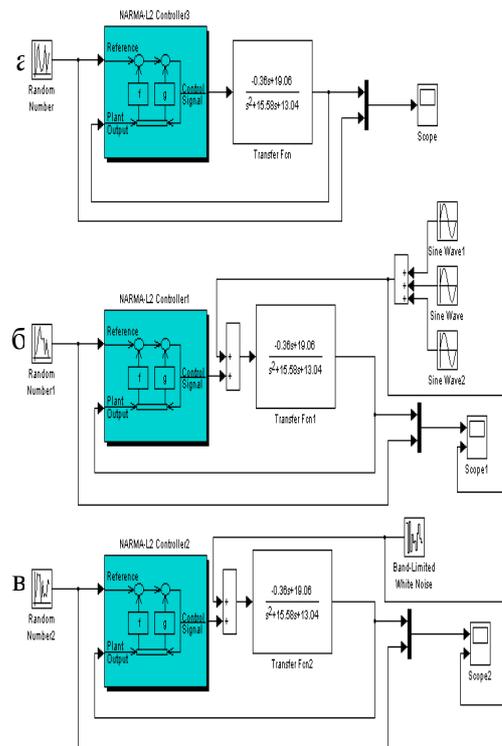


Рис. 11



Это позволяет сделать заключение о работоспособности нейросетевого подхода для синтеза регуляторов, как в линейном, так и в нелинейном случае.

### **Заключение**

Результаты, полученные с помощью расширения Neural Network Toolbox, позволяют сделать заключения об адекватности решения задачи непараметрической идентификации с помощью нейронных сетей, как в линейном, так и в нелинейном случае. Однако для нелинейных систем это гораздо более сложная и длительная по времени проблема. Она требует увеличения числа нейронов скрытого слоя, увеличения длины обучающей последовательности и введения ограничений на ее значения.

Нейросетевые регуляторы NARMA-L2, построенные для линейной модели морского дизеля и элементарной модели Винера, в результате процесса верификации показали приемлемость полученных результатов.

### **Литература**

1. Пупков К.А., Капалин В.И., Ющенко А.С. Функциональные ряды в теории нелинейных систем. М.: Наука, 1976. – 448 с.: ил.
2. Капалин В.И. Метод пространства состояний в теории управления. М.: МИЭМ, 2000. – 98 с.
3. Капалин В.И. Прокопов Б.И. Методы идентификации. М.: МИЭМ, 1989. – 89 с.
4. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP 1/7 SP 2 Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 456 с.:ил.

## NEURAL NETWORK SIMULATION OF CONTROL SYSTEMS

V.I. Kapalin<sup>1)</sup>

I.V. Vitohin

Nguyen Duy Chin<sup>2)</sup>

Nguyen Ngo Hue<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> *Moscow State Institute  
of Electronics and Mathematics  
(Technical University)*

*e-mail: v\_kapalin@mail.ru*

<sup>2)</sup> *Ho Chi Minh City University  
of Transports*

*e-mail: duytrinh1981@gmail.com*

<sup>3)</sup> *Vietnam Maritime University*

Methods of training of neural set models for the linear and nonlinear control systems in Neural Network Toolbox of MATLAB are discussed. Those models are used for the building of neural governors of the NARMA-L2 type.

Key words: non-parametric identification, nonlinear models, neural network, hidden layer neuron, back propagation error algorithm, neural governor.

## МЕТОД ЭКСТРАПОЛЯЦИИ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

**Е.Г. ЖИЛЯКОВ**  
**А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ**  
**В.А. ГОЛОЩАПОВА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru*

В статье рассматривается проблема экстраполяции речевых сигналов. Для вычисления прогнозного значения речевого сигнала на основе небольшого количества известных его предыдущих значений разработан нетрадиционный подход с использованием понятия частотной концентрации энергии отрезка.

Ключевые слова: речевые сигналы, эмпирические данные, частотные представления, аппроксимация, инвариант, экстраполяция.

### **Введение**

Под эмпирическими данными обычно понимаются результаты регистрации количественных значений некоторого параметра, характеризующего поведение исследуемого объекта, находящегося под воздействием различных факторов, например, с течением времени (например, речевые сигналы). Техническая реализация процедур регистрации возможна только при дискретизации областей определения и значений исследуемых функций, так что эмпирические данные для речевых сигналов представляют собой наборы чисел  $x_k = x(k\Delta t)$ ,  $k = 1, \dots, N$ , где  $x(k\Delta t)$  – эквидистантные отсчёты (с шагом  $\Delta t$ ) значений регистрируемого параметра  $x(t)$ ;  $t$  – время.

Регистрация эмпирических данных осуществляется с целью получения возможности предсказания поведения объекта при иных, чем в реализованном опыте значениях воздействий. В частности, одной из важнейших задач является предсказание будущих значений речевых сигналов на основе уже зарегистрированных эмпирических данных.

В виду отсутствия априорных сведений о количественной взаимосвязи между временем и значениями регистрируемого параметра (точные количественные описания исследуемых функциональных зависимостей отсутствуют) проблема экстраполяции речевых сигналов является одной из самых сложных в их обработке. Её решение чаще всего сводится к поиску инвариантов, то есть некоторых характеристик речевых сигналов, которые остаются в том или ином смысле неизменными, по крайней мере, на ближайшем отрезке времени (краткосрочное предсказание). Предсказание значений речевых сигналов на основе выявления содержащихся в эмпирических данных инвариантов естественно называть экстраполяцией.

Основным подходом к поиску инвариантов в настоящее время служит аппроксимация на основе обработки эмпирических данных неизвестных функциональных зависимостей регистрируемых параметров от времени с помощью некоторых соотношений из того или иного класса математических моделей (идентификация речевых сигналов). При этом чаще всего в явном виде задаются пригодные для экстраполяции формулы, например, вероятностные распределения или модели генерации значений речевых сигналов в виде разностных стохастических уравнений.

Эмпирические данные тогда используются для оценивания некоторых априори неизвестных параметров предполагаемой функциональной зависимости (подгонка модели генерации речевого сигнала), которые, по крайней мере, в ближайшие будущие моменты времени предполагаются почти неизменными (локальная стационарность), и в этом смысле речь также идёт об установлении инвариантов.

Очевидно, что использование такого рода инвариантов равносильно априорному заданию в явном виде законов изменений регистрируемых параметров (законов

природы) с чем не всегда можно согласиться. Кроме того, для оценивания значений неизвестных параметров постулируемых априори моделей генерации значений речевых сигналов может потребоваться значительное количество эмпирических данных, что также может оказаться нереализуемыми в виду нарушения условий стационарности (неизменности параметров).

Поэтому представляется актуальной разработка таких подходов, когда инварианты определяются на основе самых общих представлений и принципов использования моделей генерации значений речевых сигналов, которые, вместе с тем, адекватно отражают физическое содержание проблемы экстраполяции по конечному отрезку зарегистрированных эмпирических данных.

Решению этой задачи и посвящена настоящая работа.

### 1. Модели речевых сигналов на основе частотных представлений

Частотные представления вида

$$x_k = \int_{-\pi}^{\pi} X(\omega) \exp(j\omega(k-1)) d\omega / 2\pi, k = 1, \dots, N, \quad (1)$$

являются одной из наиболее общих форм моделей, в которых генерация значений речевых сигналов определяется как суперпозиция бесконечно большого числа экспонент с весовой в общем случае комплексной функцией

$$X(\omega) = \operatorname{Re} X(\omega) - j \operatorname{Im} X(\omega), \quad (2)$$

круговой нормированной (безразмерной) частоты  $\omega$ ,  $j$  – мнимая единица. Компоненты  $\operatorname{Re} X(\omega)$ ,  $\operatorname{Im} X(\omega)$  в правой соотношения части (2) являются вещественнозначными функциями, удовлетворяющими условиям

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} X(-\omega) &= \operatorname{Re} X(\omega) \\ \operatorname{Im} X(-\omega) &= -\operatorname{Im} X(\omega) \end{aligned} \quad (3)$$

Существенное значение имеет то, что при конечном наборе значений речевого сигнала этих условий и соотношений вида (1) (интегрального уравнения) недостаточно для однозначного определения весовой функции  $X(\omega)$ . В частности им будет удовлетворять любая из следующих весовых функций

$$X(\omega) \equiv X_N(\omega) = \sum_{k=1}^N x_k \exp(-j\omega(k-1)), \quad (4)$$

$$X(\omega) \equiv XE(\omega) = X_N(\omega) + a * \exp(-j\omega N), \quad (5)$$

в последнем соотношении  $a$  – любое вещественное ограниченное по абсолютному значению число.

Отметим, что сумма в правой части соотношения (4) является определением так называемых трансформант (преобразований) Фурье отрезков речевых сигналов длительности  $N$  [1]. В виду ортогональности набора экспонент  $\exp(j\omega(k-1))$ ,  $k=1, \dots, N$ , в области определения  $|\omega| \leq \pi$ , для трансформант Фурье вида (4) нетрудно получить равенство Парсевала

$$\int_{-\pi}^{\pi} |X_N(\omega)|^2 d\omega / 2\pi = \sum_{k=1}^N x_k^2 = \|\vec{x}_N\|^2, \quad (6)$$

Здесь и в дальнейшем стрелками сверху отмечаются векторы соответствующей размерности, то есть

$$\vec{z}_M = (z_1, \dots, z_M)^T,$$

где  $T$  – знак транспонирования.

В связи с этим отметим, что квадрат модуля трансформанты Фурье определяет распределение энергии отрезка речевого сигнала вдоль оси частот (спектральная плотность). Именно это обстоятельство определяет физическое содержание частотных представлений с весовыми функциями вида (4).

Введём функцию

$$f_N(\omega) = |X_N(\omega)|^2 / 2\pi / \|\bar{x}_N\|^2, \quad (7)$$

которая, очевидно, является неотрицательной

$$f_N(\omega) \geq 0, |\omega| \leq \pi, \quad (8)$$

и нормированной к единице в смысле выполнения равенства

$$\int_{-\pi}^{\pi} f_N(\omega) d\omega = 1. \quad (9)$$

Легко поэтому понять, что интеграл

$$P_{rN} = \int_{\omega \in \Omega_r} f_N(\omega) d\omega, \quad (10)$$

определяет долю энергии отрезка речевого сигнала, попадающую в частотный интервал вида

$$\Omega_r = [-V_r, V_{r-1}) \cup [V_{r-1}, V_r), V_{r-1} < V_r; V_0 = 0; V_r \leq \pi. \quad (11)$$

Для простоты изложения в дальнейшем предполагается, что вся область определения трансформант Фурье делится на  $R$  частотных интервалов одинаковых размеров, то есть

$$V_0 = 0; V_r - V_{r-1} = \pi / R. \quad (12)$$

Ясно, что из соотношений (9) и (10) следует равенство

$$\sum_{r=1}^R P_{rN} = 1. \quad (13)$$

В свою очередь с учётом определений (4), (11) и (12) на основе соотношения (1) нетрудно получить следующую форму частотного представления для отсчётов речевого сигнала

$$x_k = \sum_{r=1}^R x_{rk}, k = 1, \dots, N, \quad (14)$$

где  $x_{rk}$  — компоненты, определяемые интегралами вида

$$x_{rk} = \int_{\omega \in \Omega_r} X_N(\omega) \exp(j\omega(k-1)) d\omega / 2\pi. \quad (15)$$

В дальнейшем они называются частотными компонентами исходного речевого сигнала. Непосредственно из соотношения (15) следует, что они полностью определяются отрезками трансформант Фурье в соответствующих частотных интервалах. Непосредственно из (15) нетрудно получить соотношения для трансформант Фурье частотных компонент

$$X_{rN}(\omega) = \int_{\omega \in \Omega_r} X_N(\omega_1) \exp(j(\omega - \omega_1)(N-1)/2) D_N(\omega - \omega_1) d\omega_1 / 2\pi, \quad (16)$$

где  $D_N$  — известная из теории рядов Фурье функция Дирихле

$$D_N(v) = \sin(Nv/2) / \sin(v/2). \quad (17)$$

Из соотношений (16) и (17) следует, что энергии частотных компонент сосредоточены не только внутри выделенного частотного интервала (просачивание энергии), однако нетрудно получить равенство

$$S_{rN}^2 = \sum_{k=1}^N x_{rk}^2 = \iint_{\omega_1, \omega_2 \in \Omega_r} X_N(\omega_1) X_N^*(\omega_2) D_N(\omega_2 - \omega_1) d\omega_1 d\omega_2 / 4\pi^2, \quad (18)$$

которое определяет их через соответствующие отрезки трансформанты Фурье анализируемого речевого сигнала (здесь верхний индекс в виде звёздочки означает комплексное сопряжение).

Ясно, что если некоторые из долей энергий  $P_r$  малы по сравнению с другими, то мал будет вклад в сумму (14) и соответствующих частотных компонент. С другой сто-



роны существенное превышение доли энергии в одном из частотных интервалов (либо суммы их небольшого количества) над суммой остальных долей свидетельствует о наличии в речевом сигнале квазициклических повторяющихся частотных компонент, которые естественно именовать инвариантами. Такое положение можно описать с помощью следующего соотношения

$$\sum_{r \in R_m} P_{rN} > \sum_{r \notin R_m} P_{rN}, \quad (16)$$

где  $R_m$  — множество частотных интервалов, в которых сосредоточена существенно большая (в том числе и подавляющая) доля энергии отрезка речевого сигнала, количество которых (мощность множества  $R_m$ )  $M$  удовлетворяет условию

$$w = M / R < 0,5. \quad (17)$$

Ясно, что если с хорошей точностью выполняются приближённые равенства долей энергии во всех частотных интервалах (отрезок так называемого белого шума)

$$P_{rN} \approx 1 / R, r = 1, \dots, R, \quad (18)$$

то это свидетельствует о невозможности в анализируемом отрезке речевого сигнала выделить искомые инварианты. Возможно, что они проявятся более отчётливо, если увеличить количество анализируемых отсчётов или уменьшить количество частотных интервалов.

Таким образом, характеристика отрезка речевого сигнала в виде распределения долей его энергии (10) по частотным интервалам (11) при выполнении (12) адекватно отражает наличие в нем квазициклических компонент, которые и могут служить пригодными для экстраполяции инвариантами.

## 2. Метод вычислений долей энергии отрезка речевого сигнала в заданных частотных интервалах

В соответствии с определением (7) представление (10) нетрудно преобразовать к виду

$$P_{rN} = \int_{\omega \in \Omega_r} |X_N(\omega)|^2 d\omega / 2\pi / \|\bar{x}_N\|^2. \quad (19)$$

Подстановка сюда правой части представления (4) после несложных преобразований с учётом определения частотного интервала (11) даёт искомое вычислительное соотношение

$$P_{rN} = \bar{x}_N^r A_N^r \bar{x}_N / \|\bar{x}_N\|^2, \quad (20)$$

где  $A_N^r = \{a_{ik}^r\}, i, k = 1, \dots, N$  — матрица с элементами

$$a_{ik}^r = \int_{\omega \in \Omega_r} \exp(-j\omega(i-k)) d\omega / 2\pi = [\sin(V_r(i-k)) - \sin(V_{r-1}(i-k))] / \pi(i-k). \quad (21)$$

Отсюда, имея в виду равенство (12), в результате предельного перехода нетрудно получить выражение для диагональных элементов

$$a_{ii}^r = [V_r - V_{r-1}] / \pi = 1 / R. \quad (22)$$

Частотное представление (21) элементов матрицы, позволяет именовать её субполосной.

Отметим, что соотношение (22) является точным и позволяет осуществлять необходимые вычисления без перехода в частотную область. Очевидно, что это обстоятельство делает реалистичным использование частотных представлений для поиска инвариантов и формулирования принципов их оптимального использования в задаче экстраполяции.

Вместе с тем непосредственное использование квадратичной формы

$$S_{rN}^2 = \bar{x}_N^r A_N^r \bar{x}_N, \quad (23)$$

требует неоправданно больших вычислительных затрат, уменьшить которые можно на основе учёта специальных свойств субполосной матрицы.

В самом деле, из определения (21) следует, что эта матрица является положительно определённой и симметричной. Поэтому [2] она может быть представлена в виде

$$A_N^r = G_{rN} L_{rN} G_{rN}^T, \quad (24)$$

где  $G_{rN}, L_{rN}$  – матрица ортонормальных собственных векторов и диагональная матрица неотрицательных собственных чисел, так что выполняются равенства

$$A_N^r G_{rN} = G_{rN} L_{rN}; \quad (25)$$

$$L_{rN} = \text{diag}(\lambda_{1r}, \dots, \lambda_{Nr});$$

$$\lambda_{r1} > \lambda_{r2} > \dots > \lambda_{rN} > 0; \quad (26)$$

$$G_{rN} = (\vec{q}_1^r \dots \vec{q}_N^r);$$

$$G_{rN} G_{rN}^T = G_{rN}^T G_{rN} = I_N. \quad (27)$$

Здесь и в дальнейшем символом  $I_N$  обозначается единичная матрица соответствующей размерности.

На основе определения (25) с учётом (21) нетрудно получить частотное представление для компонент собственных векторов субполосных матриц

$$\lambda_m q_{kn}^r = \int_{\omega \in \Omega_r} Q_{nN}^r(\omega) \exp(j\omega(k-1)) d\omega / 2\pi, \quad (28)$$

где  $Q_{nN}^r(\omega)$  – трансформанта Фурье соответствующего собственного вектора

$$Q_{nN}^r(\omega) = \sum_{k=1}^N q_{kn}^r \exp(-j\omega(k-1)). \quad (29)$$

Для скалярных произведений собственных векторов справедливо равенство Парсеваля

$$\sum_{k=1}^N q_{kn}^r q_{km}^r = \int_{-\pi}^{\pi} Q_{nN}^r(\omega) Q_{mN}^{r*}(\omega) d\omega / 2\pi. \quad (30)$$

С другой стороны из соотношения (28) для скалярных произведений тех собственных векторов нетрудно получить и другое равенство

$$\lambda_m \sum_{k=1}^N q_{kn}^r q_{km}^r = \int_{\omega \in \Omega_r} Q_{nN}^r(\omega) Q_{mN}^{r*}(\omega) d\omega / 2\pi, \quad (31)$$

Имея в виду свойство ортонормальности (27) собственных векторов, из соотношений (30) и (31) нетрудно получить равенства

$$\int_{-\pi}^{\pi} Q_{nN}^r(\omega) Q_{mN}^{r*}(\omega) d\omega / 2\pi = \begin{cases} 0, n \neq m \\ 1, n = m \end{cases}; \quad (32)$$

$$\int_{\omega \in \Omega_r} Q_{nN}^r(\omega) Q_{mN}^{r*}(\omega) d\omega / 2\pi = m \neq n; \quad (33)$$

$$\lambda_m = \int_{\omega \in \Omega_r} |Q_{nN}^r(\omega)|^2 d\omega / 2\pi. \quad (34)$$

Таким образом, трансформанты Фурье собственных векторов ортогональны не только на всей оси частот, но и на соответствующем частотном интервале (свойство двойной ортогональности).

Из соотношения (34) следует, что собственное число равно доле энергии соответствующего собственного вектора в рассматриваемом частотном интервале.

Сопоставление равенств (32) и (34) с учётом (26) позволяет получить неравенство для значений собственных чисел

$$0 < \lambda_m < 1. \quad (35)$$

По определению (24) матрицы  $A_N^r, L_{rN}$  являются подобными, а, следовательно, их следы должны быть [2]

$$\text{tr}ecA_N^r = \sum_{i=1}^N a_{ii}^r = \sum_{n=1}^N \lambda_n, \quad (36)$$

что в виду (22) позволяет получить следующие соотношения

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n = N/R; \quad (37)$$

$$\bar{\lambda}_r = \sum_{n=1}^N \lambda_n / N = 1/R = a_{ii}^r, \forall i. \quad (38)$$

С другой стороны для определителя положительно определённой матрицы справедливо неравенство [4]

$$\det A_N^r = \prod_{n=1}^N \lambda_n \leq \prod_{i=1}^N a_{ii}^r = 1/R^N. \quad (39)$$

откуда с учётом (35) и (38) можно сделать вывод о том, что величина некоторых из собственных чисел субполосной матрицы может быть очень мала.

Проведенные нами вычисления показывают, что значения собственных чисел во многом определяются величиной отношения в правой части равенства (37). Причём, если имеет место неравенство

$$n > J = N/R + 2, \quad (40)$$

то с хорошей точностью выполняются приближённые равенства

$$\lambda_m \approx 0. \quad (41)$$

Поэтому подстановка разложения (24) в представление (23) позволяет получить достаточно точное вычислительное соотношение

$$S_{rN}^2 = \sum_{n=1}^J \lambda_n \alpha_n^2, \quad (42)$$

где  $\alpha_m$  – проекции исходного отрезка речевого сигнала на собственные векторы, то есть значения скалярных произведений вида

$$\alpha_m = (\vec{x}_N, \vec{q}_m^r) = \sum_{k=1}^N x_k q_{km}^r. \quad (43)$$

Легко понять, что использование соотношений (42) и (43) позволяет по сравнению с прямыми вычислениями на основе (23) уменьшить трудоёмкость почти в  $R$  раз.

### 3. Анализ динамики речевых сигналов на основе частотных представлений

В данном разделе речь идёт об анализе реакции долей энергии отрезков речевых сигналов в частотных интервалах на значения следующих отсчётов, то есть тех которые будут зарегистрированы после  $N$ -го отсчёта. Это позволяет описать некоторые характерные особенности динамики долей энергий и в частности выявить инварианты, которые полезны для задачи экстраполяции речевых сигналов на основе частотных представлений.

Возможность осуществления аналитических исследований указанной динамики представляют полученные выше соотношения для частей энергии отрезка речевого сигнала, относящихся к соответствующим частотным интервалам. В их основе используется следующее блочное представление субполосных матриц размерности  $N+1$

$$A_{N+1}^r = \begin{pmatrix} A_N^r \vec{a}_{N+1}^r \\ \vec{a}_{N+1}^{rT} a_{N+1,N+1}^r \end{pmatrix}, \quad (44)$$

где  $\vec{a}_{N+1}^r$  – вектор–столбец, состоящий из компонент

$$a_{N+1,k}^r = [\sin(V_r(N+1-k)) - \sin(V_{r-1}(N+1-k))]/\pi(N+1-k), k = 1, \dots, N,$$

а для нижнего диагонального элемента справедливо общее равенство вида (22)

$$a_{N+1,N+1}^r = 1/R. \quad (45)$$

Поэтому, имея в виду определение (20), долю энергии отрезка речевого сигнала соответствующей размерности нетрудно представить в виде удобном для анализа влияния будущей компоненты на её величину

$$P_{r,N+1} = [S_{rN}^2 + 2 * x_{N+1} z_{rN} + x_{N+1}^2 / R] / [\|\bar{x}_N\|^2 + x_{N+1}^2], \quad (46)$$

где  $z_{rN}$  - скалярное произведение вектора-столбца с компонентами (45) и вектора первых  $N$  отсчётов речевого сигнала

$$z_{rN} = (\bar{x}_N, \bar{a}_{N+1}^r) = \sum_{k=1}^N x_k a_{N+1,k}^r. \quad (47)$$

Очевидно, что в соответствии с определением (23) выполняется условие

$$\sum_{r=1}^R S_{r,N+1}^2 = \sum_{r=1}^R S_{rN}^2 + 2 * x_{N+1} \sum_{r=1}^R z_{rN} + x_{N+1}^2 = \|\bar{x}_{N+1}\|^2 = \|\bar{x}\|^2 + x_{N+1}^2, \quad (48)$$

из которого следует равенство

$$\sum_{r=1}^R z_{rN} = 0. \quad (49)$$

Таким образом, среди скалярных произведений вида (47) будут как положительные, так и отрицательные.

Отметим, что равенство (49) является инвариантным относительно размерности зарегистрированных значений.

Заметим также, что неизменность (инвариантность) попадающей в выбранный частотный интервал части энергии, то есть когда выполняется условие

$$S_{r,N+1}^2 = S_{rN}^2, \quad (50)$$

будет наблюдаться при следующих значениях будущих отсчётов речевого сигнала

$$\begin{aligned} x_{1,r,N+1} &= 0. \\ x_{2,r,N+1} &= -2R * z_{rN}. \end{aligned} \quad (51)$$

Отметим, что равенство будущего отсчёта нулю не приносит никаких изменений не только в значения частот энергий для всех интервалов, но и в их доли (отношения вида (46)), и поэтому такая инвариантность представляет мало интереса с точки зрения экстраполяции.

В свою очередь выполнение равенства (51) приводит к уменьшению доли энергии, по крайней мере, в заданном частотном интервале, то есть будет иметь место неравенство

$$P_{r,N+1} = S_{rN}^2 / [\|\bar{x}_N\|^2 + 4R^2 z_{rN}^2] \leq P_{rN} = S_{rN}^2 / \|\bar{x}_N\|^2. \quad (52)$$

Здесь учтено, что скалярное произведение в правой части (51) может быть равно нулю.

Нетрудно понять, что при одном и том же значении  $|x_{N+1}|$  совпадение его знака со знаком  $z_{rN}$ , то есть когда

$$\text{sign}(x_{N+1}) = \text{sign}(z_{rN}), \quad (53)$$

правая часть (46) будет больше чем, когда условие (53) не выполняется.

Очевидно, что правая часть представления (46) является бесконечно раз дифференцируемой функцией отсчёта  $x_{N+1}$ , что позволяет исследовать её динамические свойства на основе производных. В частности дифференцирование (46) даёт следующее соотношения для первой частной производной

$$\partial P_{r,N+1} / \partial x_{N+1} = 2[z_{rN} \|\bar{x}_N\|^2 - x_{N+1} h_{rN} - z_{rN} x_{N+1}^2] / [\|\bar{x}_N\|^2 + x_{N+1}^2]^2, \quad (54)$$

где

$$h_{rN} = S_{rN}^2 - \|\bar{x}_N\|^2 / R. \quad (55)$$

Непосредственно из определения  $S_{rN}^2$  следует справедливость равенства



$$\|\bar{x}_N\|^2 / R = \sum_{r=1}^R S_{rN}^2 / R,$$

так что коэффициент параметр (55) в правой части (54) представляет собой разность между средним значением всех частей энергии и анализируемой частью. Следовательно, он может быть как положительным, если

$$\|\bar{x}_N\|^2 / R < S_{rN}^2, \quad (56)$$

так и отрицательным, когда анализируемая часть меньше средней величины

$$\|\bar{x}_N\|^2 / R > S_{rN}^2. \quad (57)$$

В свою очередь, если доли энергий практически равны, то есть, если справедливы приближённые равенства вида (18), то будет выполняться

$$h_{rN} \approx 0, \quad (58)$$

а правая часть (54) преобразуется к виду

$$\partial P_{r,N+1} / \partial x_{N+1} = 2z_{rN} [\|\bar{x}_N\|^2 - x_{N+1}^2] / [\|\bar{x}_N\|^2 + x_{N+1}^2]^2. \quad (59)$$

При естественной однородности величин отсчетов в смысле выполнения неравенства

$$\|\bar{x}_N\|^2 > x_{N+1}^2, \quad (60)$$

знак правой части (59) будет совпадать со знаком скалярного произведения (47), то есть будет иметь место равенство

$$\text{sign}(P_{r,N+1}) = \text{sign}(z_{rN}). \quad (61)$$

Непосредственно из соотношения (54) нетрудно получить равенство для первой производной в начальной точке

$$\partial P_{r,N+1} / \partial x_{N+1} |_{x_{N+1}=0} = 2z_{rN} / \|\bar{x}_N\|^2, \quad (62)$$

которое показывает, что положительный знак  $z_{rN}$  будет определять монотонный рост доли энергии в заданном частотном интервале с ростом положительного  $x_{N+1}$  или, наоборот, её убывание при отрицательном  $z_{rN}$ .

Представляют интерес и соотношения для частных производных более высоких порядков, которые нетрудно получить, последовательно дифференцируя правую часть представления (54)

$$\partial^2 P_{r,N+1} / \partial x_{N+1}^2 = 2z_{rN} [2x_{N+1}^3 + 3b_{rN} x_{N+1}^2 - 6\|\bar{x}_N\|^2 x_{N+1} - b_{rN} \|\bar{x}_N\|^2] / [\|\bar{x}_N\|^2 + x_{N+1}^2]^3, \quad (63)$$

$$\partial^3 P_{r,N+1} / \partial x_{N+1}^3 = F(x_{N+1}) / [\|\bar{x}_N\|^2 + x_{N+1}^2]^4, \quad (64)$$

$$F(x_{N+1}) = -12z_{rN} [x_{N+1}^4 + 2b_{rN} x_{N+1}^3 - 6\|\bar{x}_N\|^2 x_{N+1}^2 - 2\|\bar{x}_N\|^2 b_{rN} x_{N+1} + \|\bar{x}_N\|^4]; \quad (65)$$

$$b_{rN} = h_{rN} / z_{rN}. \quad (66)$$

Здесь предполагается, что знаменатель не равен нулю, в противном случае необходимо множитель перед скобкой вносить в неё.

Тогда получаем, что в точке

$$x_{r,N+1} = 0 \quad (67)$$

будут иметь место равенства

$$\partial^2 P_{r,N+1} / \partial x_{N+1}^2 |_{x_{N+1}=0} = -2h_{rN} / \|\bar{x}_N\|^4, \quad (68)$$

$$\partial^3 P_{r,N+1} / \partial x_{N+1}^3 |_{x_{N+1}=0} = -12z_{rN} / \|\bar{x}_N\|^4. \quad (69)$$

Здесь учтено определение (55). Легко также выразить правую часть (69) через правую часть (62).

Из условия

$$\partial P_{r,N+1} / \partial x_{N+1} = 0 \quad (70)$$

нетрудно определить, как корни соответствующего (54) квадратного уравнения, значения будущего отсчёта, при которых правая часть (46) достигает экстремумов

$$x_{r,N+1}^1 = b_{rN} [(1 + 4 \|\bar{x}_N\|^2 / b_{rN}^2)^{1/2} + 1] / 2, \quad (71)$$

$$x_{r,N+1}^2 = b_{rN} [-(1 + 4 \|\bar{x}_N\|^2 / b_{rN}^2)^{1/2} + 1] / 2. \quad (72)$$

С учётом определения (66) непосредственной подстановкой корней (71) и (72) в правую часть представления (46) легко убедиться, что тип экстремума последней будет определяться знаком параметра (55). При этом, если параметр положителен, то есть имеет место неравенство

$$\|\bar{x}_N\|^2 / R < S_{rN}^2, \quad (73)$$

то экстремум типа максимума будет достигаться на корне (71) и наоборот, максимум будет достигаться на корне (72), когда неравенство (73) не выполняется.

Отметим, что левая часть соотношения (73) является средним значением частей энергий в выбранных частотных интервалах. Таким образом, это условие означает превосходство анализируемой части над средним значением всех, что, возможно, соответствует определённой тенденции в поведении речевого сигнала.

Ясно, что правая часть соотношения (62) определяет градиент изменений доли энергии. При этом, как легко видеть, имеют место равенства

$$\max |\partial P_{r,N+1} / \partial x_{N+1}|_{x_{N+1}=0} = 2 \max |z_{rN}| / \|\bar{x}_N\|^2, r = 1, \dots, R, \quad (74)$$

$$\min |\partial P_{r,N+1} / \partial x_{N+1}|_{x_{N+1}=0} = 2 \min |z_{rN}| / \|\bar{x}_N\|^2, r = 1, \dots, R. \quad (75)$$

Таким образом, всегда можно определить частотный интервал, в котором ожидаются максимальные или минимальные изменения долей энергий.

#### **4. Экстраполяция речевых сигналов на основе требований к долям энергий будущего отрезка отсчётов в частотных интервалах**

Выше были получены соотношения, позволяющие прогнозировать будущие значения долей энергии отрезка речевого сигнала в частотных интервалах в зависимости от значения будущего отсчёта  $x_{N+1}$ . С точки зрения экстраполяции представляется естественным в качестве прогнозируемого значения этого отсчёта выбирать такое, которое сохраняет, по крайней мере, качественную картину распределения энергий предшествующего отрезка отсчётов меньшей длительности. При этом в качестве основы целесообразно использовать неравенство вида (16).

Соотношение (46) нетрудно преобразовать к рекуррентному виду

$$P_{r,N+1} = P_{r,N} + [2 * x_{N+1} z_{rN} - x_{N+1}^2 \varphi_{rN}] / [\|\bar{x}_N\|^2 + x_{N+1}^2], \quad (76)$$

где

$$\varphi_{rN} = P_{rN} - 1 / R. \quad (77)$$

На основе свойства (13) легко получить равенство

$$\sum_{r=1}^R \varphi_{rN} = 0, \quad (78)$$

так что часть этих характеристик будет отрицательной, а другая часть – нет (когда доли энергии больше их среднего значения по всем частотным интервалам).

Пусть далее символ  $W_I$  означает множество частотных интервалов, удовлетворяющих условию

$$\varphi_{rN} \geq 0, r \in W_I, \quad (79)$$

а  $R_I$  – количество этих интервалов (мощность множества). Положим

$$\Phi_{1N} = \sum_{r \in W_I} \varphi_{rN}; \Phi_{1,N+1} = \sum_{r \in W_I} \varphi_{r,N+1}; \quad (80)$$

$$Z_{1N} = \sum_{r \in W_I} z_{rN}. \quad (81)$$



Тогда на основе соотношения (76) нетрудно получить

$$\Phi_{r,N+1} - \Phi_{r,N} = [2 * x_{N+1} Z_{1N} - x_{N+1}^2 \Phi_{1N}] / [\|\bar{x}_N\|^2 + x_{N+1}^2], \quad (82)$$

причём в виду условия (79) выполняется неравенств

$$\Phi_{1N} \geq 0. \quad (83)$$

Нетрудно показать, что числитель в правой части соотношения (82) достигает максимума, когда будущее значение речевого сигнала равно

$$\hat{x}_{N+1} = Z_{1N} / \Phi_{1N}. \quad (84)$$

Здесь предполагается, что в (83) имеет место строгое неравенство.

Подстановка этого равенства в правую часть (82) даёт значение разницы между исходным и получаемым значениями характеристики (80)

$$\Phi_{r,N+1} - \Phi_{r,N} = Z_{1N}^2 / \Phi_{1N} / [\|\bar{x}_N\|^2 + Z_{1N}^2 / \Phi_{1N}^2]. \quad (85)$$

Или

$$\Phi_{r,N+1} / \Phi_{r,N} = 1 + \Theta_{1N}^2 / [1 + \Theta_{1N}^2], \quad (86)$$

здесь

$$\Theta_{1N}^2 = Z_{1N}^2 / \Phi_{1N}^2 / \|\bar{x}_N\|^2. \quad (87)$$

Ясно, что будет иметь место

$$\Phi_{r,N+1} \geq \Phi_{r,N}. \quad (86)$$

Это соответствует идеологии неубывания долей энергии в частотных интервалах с большей её концентрацией на предыдущем шаге. Поэтому представление (84) может быть использовано для экстраполяции значений речевых сигналов.

#### Литература

1. Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов [Текст] / Л. Рабинер, Г. Голд. – М.: Мир, 1988. – 512 с.
2. Гантмахер, Ф.Р. Теория матриц [Текст] / Ф.Р. Гантмахер. – М.: Физматлит, 2004. – 560 с.
3. Хургин, Я.И. Фinitные функции в физике и технике [Текст] / Я.И. Хургин, В.П. Яковлев. – М.: Наука, 1971. – 408 с.: ил.
4. Крамер, Г. Математические методы статистики [Текст] / Под ред. акад. А.Н. Колмогорова. – М.: Мир, 1975. – 648 с.

## SPEECH SIGNAL EXTRAPOLATION METHOD ON THE BASIS OF FREQUENCY REPRESENTATIONS

E.G. ZHILYAKOV  
A.A. CHERNOMORETS  
V.A. GOLOSCHAPOVA

*Belgorod State University*

*e-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru*

Speech signal extrapolation problem is discussed in the work. The nontraditional approach using frequency concentration of signal segment energy concept is developed for calculation of speech signal prognostic value on basis of its previous values element.

Key words: speech signals, empirical data, frequency representations, approximation, invariant, extrapolation.

## О ВЫЧИСЛЕНИИ ОЦЕНОК ПРОИЗВОДНЫХ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА ПО ЭМПИРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

**Н.С. ТИТОВА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: NTitova@bsu.edu.ru*

В данной работе предлагается схема аппроксимации функций и их производных по эмпирическим данным. Она основана на использовании известной из математического анализа формулы, позволяющей выразить дифференцируемую функцию через производную.

Ключевые слова: интерполяция, оценка производной, частотное представление, устойчивость вычислений.

Необходимость оценивания производных речевого сигнала по имеющимся его дискретным отсчётам возникает при решении различных задач анализа и синтеза речевых данных. Например, в большинстве систем распознавания речи первая временная производная используется как дополнительный параметр, имеющий смысл скорости изменения функции сигнала, для увеличения вероятности правильного распознавания.

Речевой сигнал характеризуется различными статистическими параметрами, в том числе наличием амплитудных скачков, которые могут быть определены анализом изменения знака производной функции сигнала.

Существенным недостатком существующих подходов [6, 7] к численному дифференцированию по эмпирическим данным является неустойчивость получаемых оценок производных, в том числе при наличии шумовой составляющей, что является характерной чертой многих речевых сигналов, регистрируемых для передачи и хранения в информационно-телекоммуникационных системах.

В настоящее время нем известных методов оценивания производных высших порядков, но разработан метод оценивания первой производной. В его основе используются частотные представления и принцип минимизации нормы оценки первой производной, который предложен в работах [1,2].

Целью данной работы является разработка метода вычислений оценок производных высших порядков, устойчивых к воздействию шумов.

Пусть задан вектор  $\vec{u} = (u_0, u_1, \dots, u_N)^T$  отсчётов речевого сигнала, где  $u_i = u(i\Delta t), i = 1, \dots, N$ ,  $\Delta t$  – интервал дискретизации.

Обозначим  $\vec{v} = (v_1, \dots, v_N)^T$ , где

$$v_i = u_i - u_{i-1}, i = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Введём частотные интервалы:

$$\Omega = (-\Omega_2, -\Omega_1) \cup [\Omega_1, \Omega_2), \quad (2)$$

$$\bar{\Omega} = [-\bar{\Omega}_2, -\bar{\Omega}_1) \cup [\bar{\Omega}_1, \bar{\Omega}_2),$$

$$\bar{\Omega}_1 = \Delta t * \Omega_1 = q_1 * \pi; \bar{\Omega}_2 = \Delta t * \Omega_2 = q_2 * \pi \quad (3)$$

В основе дальнейших построений используется представление интерполирующей функций через производную (формула Ньютона-Лейбница)

$$\hat{u}(t) = u_{i-1} + \int_{(i-1)\Delta t}^t f(\tau) d\tau, \quad (4)$$



для  $\Delta t(i-1) \leq t \leq i\Delta t$ .

Тогда для первых разностей исходных данных должно выполняться равенство

$$v_i = u_i - u_{i-1} = \int_{(i-1)\Delta t}^{i\Delta t} f(\tau) d\tau \quad (5)$$

$f(\tau)$  – первая производная интерполирующей функции [2,3], которая является оценкой первой производной неизвестной функции  $u(t)$ , выборка из которой обрабатывается.

Общая формула для вычисления оценки производной имеет вид

$$f(\tau) = \sum_{k=1}^N \beta_k * \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\Omega_1}{2}}^{\frac{\Omega_2}{2}} \frac{\sin(x/2)}{(x/2)} \cos(x(\frac{\tau}{\Delta t} - k + 0.5)) dx \quad (6)$$

Коэффициенты здесь должны удовлетворять системе уравнений  $A\vec{\beta} = \vec{v}$ , где  $A = \{a_{ik}\}$  – матрица учета исходных данных (УИД), элементы которой определяются из соотношения

$$a_{ik} = \frac{\Delta t}{\pi} \int_{\frac{\Omega_1}{2}}^{\frac{\Omega_2}{2}} \frac{\sin^2(x/2)}{(x/2)^2} \cos(x(i-k)) dx; i, k = 1, \dots, N \quad (7)$$

В общем случае матрица УИД может быть особенной, так что необходимо использовать псевдообращение

$$\begin{aligned} \vec{\beta} &= A^{++} \vec{v} \\ A^{++} &= G_1 L_1^{-1} G_2^T \end{aligned} \quad (8)$$

где  $G$  – матрица собственных векторов.

$$\begin{aligned} AG &= GL; G = (\vec{q}_1, \dots, \vec{q}_N), \\ L &= \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_N), \\ L_1 &= \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_P), G = (\vec{q}_1, \dots, \vec{q}_P) \end{aligned} \quad (9)$$

если  $\lambda_{p+1} \cong \lambda_{p+2} \cong \dots \cong \lambda_N \cong 0$ , где  $P$  – оценка ранга матрицы УИД.

Если заранее выбрать точки в виде

$$\tau_i = (i-0.5)\Delta t, i = 1, \dots, N \quad (10)$$

области определения, где необходимо вычислять оценку производной то из (6) получим

$$f_i = f(\tau_i) = \sum_{k=1}^N \beta_k \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\Omega_1}{2}}^{\frac{\Omega_2}{2}} \frac{\sin(x/2)}{(x/2)} \cos(x(i-k)) dx \quad (11)$$

Или для вектора  $\vec{f} = (f_1, \dots, f_N)^T, f_i = f(\tau_i)$ ,

$$\vec{f} = B_1 A^{++} \vec{v} \quad (12)$$

где  $B_1 = \{b_{ik}^1\}$ ,

$$b_{ik}^1 = \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\Omega_1}{2}}^{\frac{\Omega_2}{2}} \frac{\sin(x/2)}{(x/2)} \cos(x(i-k)) dx \quad (13)$$

Старшие производные в тех же точках вычисляются на основе дифференцирования (6)

$$\frac{df(\tau)}{d\tau} = \hat{u}^{(2)}(\tau) = -\sum \beta_k \frac{1}{\pi \Delta t} \int_{\frac{\Omega_1}{2}}^{\frac{\Omega_2}{2}} \frac{\sin(x/2)}{(x/2)} x \sin(x(\frac{\tau}{\Delta t} - k + 0.5)) dx \quad (14)$$

В тех же точках (10) области определения полагаем

$$B_2 = \{b_{ik}^1\} : b_{ik}^2 = -\frac{1}{\pi \Delta t} \int_{\frac{\Omega_1}{2}}^{\frac{\Omega_2}{2}} \frac{\sin(x/2)}{(x/2)} x \sin(x(i-k)) dx \quad (15)$$

Вектор оценок вторых производных вычисляется на основе соотношения

$$\vec{f}^{(1)} = (f_1^{(1)}, \dots, f_N^{(1)})^T = B_2 A^{++} \vec{v} = B_2 \vec{\beta} \quad (16)$$

Вектор оценок третьих производных получаем аналогично

$$\vec{f}^{(2)} = B_3 \vec{\beta} \quad (17)$$

где

$$b_{ik}^3 = -\frac{1}{\pi (\Delta t)^2} \int_{\frac{\Omega_1}{2}}^{\frac{\Omega_2}{2}} \frac{\sin(x/2)}{(x/2)} x^2 \cos(x(i-k)) dx \quad (18)$$

В свою очередь вектор оценок четвёртых производных принимает вид

$$\vec{f}^{(3)} = B_4 \vec{\beta} \quad (19)$$

где

$$b_{ik}^4 = \frac{1}{\pi (\Delta t)^3} \int_{\frac{\Omega_1}{2}}^{\frac{\Omega_2}{2}} \frac{\sin(x/2)}{(x/2)} x^3 \sin(x(i-k)) dx \quad (20)$$

Предлагаемый инструмент для оценки производных может быть использован при вычислении значений производных дискретных сигналов любого происхождения.

Речевой сигнал представляет собой колебания сложной формы, зависящие от произносимых слов, тембра голоса, интонации, пола и возраста говорящего. Одной из особенностей речевого сигнала является неравномерность распределения энергии различных звуков по частотному интервалу.

На основе описанного метода были произведены вычислительные эксперименты с различными речевыми сигналами.

В качестве исходных данных были выбраны фрагменты речевого сигнала соответствующие различным звукам речи («а», «б», «ч», «ш» и др.). Некоторые из результатов приведены на рис. 1-4.

Можно заметить, что уровень производных речевого сигнала возрастает значительно быстрее, чем уровень сигнала, а это в свою очередь позволяет намного точнее определить момент перехода паузы в информационный сигнал, особенно при наличии шумовой составляющей.

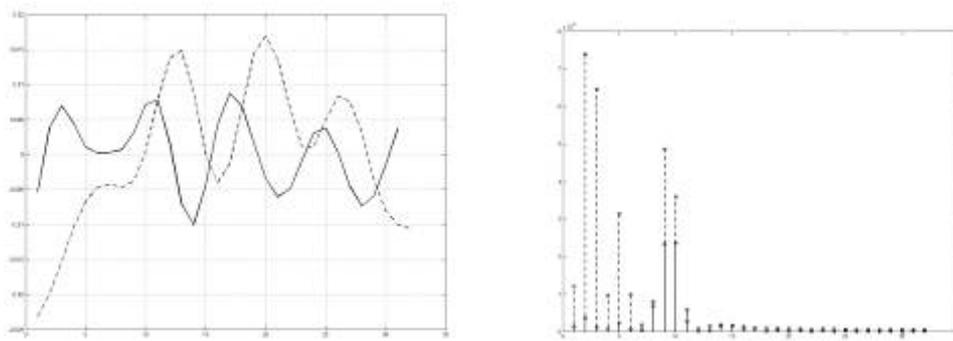


Рис. 1 а) фрагмент сигнала соответствующий звуку «а» ( — · — исходный сигнал, — первая производная сигнала);  
 б) спектр первой производной сигнала, соответствующий звуку «а» ( — · — спектр сигнала, — спектр производной сигнала)

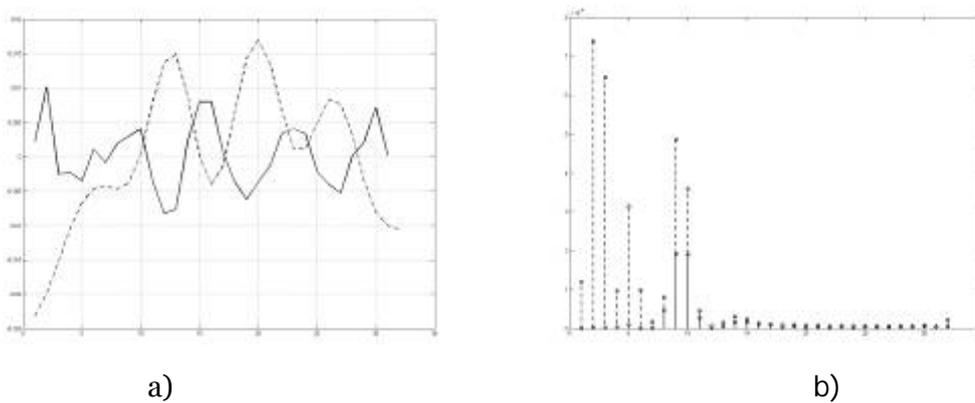


Рис. 2 а) фрагмент сигнала соответствующий звуку «а» ( — · —исходный сигнал, — вторая производная сигнала);  
 б) спектр первой производной сигнала, соответствующий звуку «а» ( — · — спектр сигнала, — спектр второй производной сигнала)

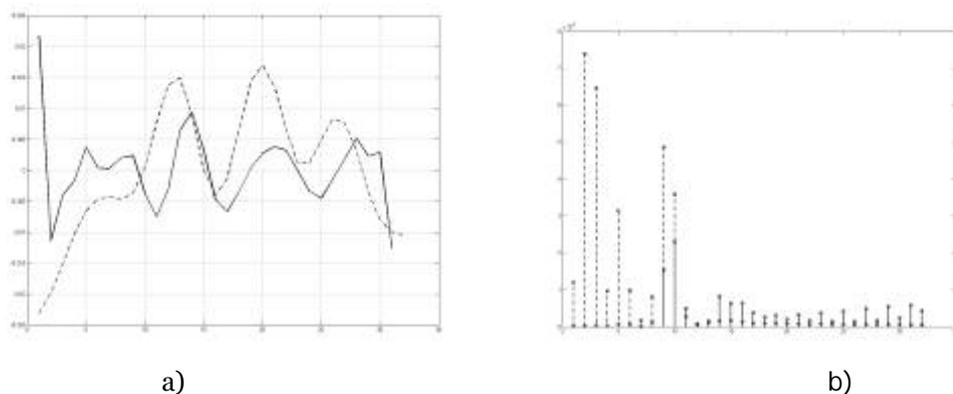


Рис. 3 а) фрагмент сигнала соответствующий звуку «а» ( — · —исходный сигнал, — третья производная сигнала);  
 б) спектр первой производной сигнала, соответствующий звуку «а» ( — · — спектр сигнала, — спектр третьей производной сигнала)

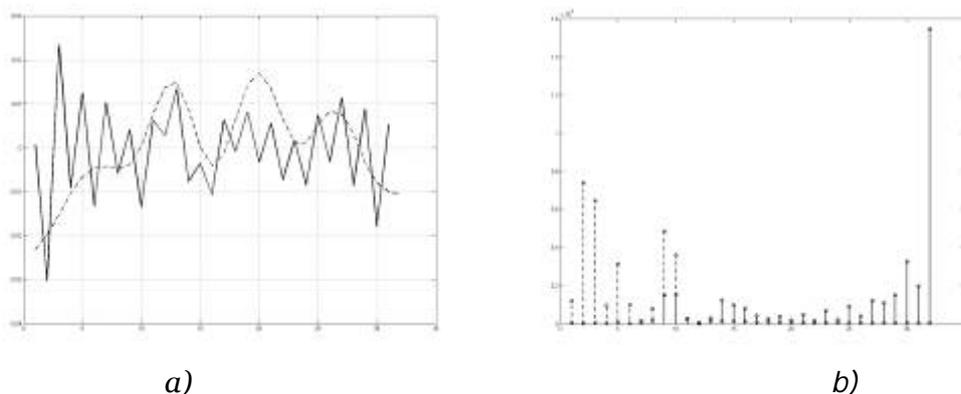


Рис. 4 а) фрагмент сигнала соответствующий звуку «а» ( — · — исходный сигнал, — четвертая производная сигнала);  
 б) спектр первой производной сигнала, соответствующий звуку «а» ( — · — спектр сигнала, — спектр четвертой производной сигнала)

### Литература

1. Жилияков Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: моногр. / Е.Г. Жилияков. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160 с.
2. Жилияков, Е.Г. Вариационный метод оценивания производных и интерполяции сигналов по эмпирическим данным [Текст] / Е.Г. Жилияков, Т.Н. Созонова, И.Ю. Мисливец // Вестник Воронежского государственного университета, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж, 2006. – Вып. 2. – С.70-73.
3. Титова Н.С. Применение вариационных алгоритмов интерполяции и оценки первой производной для некоторых аспектов обработки изображений [Текст] /Титова Н.С., Созонова Т.Н., Щербинина Н.В.// Научные ведомости БелГУ, №17 (57), 2008, Выпуск 8.
4. Ланцош, К. Практические методы прикладного анализа [Текст] : справ. рук. / К. Ланцош ; пер. с англ. М. З. Кайнера. – М. : Физматгиз, 1961. – 524 с.
5. Хургин, Я. И. Фinitные функции в физике и технике [Текст] / Я. И. Хургин, В. П. Яковлев. – М. : Наука, 1971. – 408 с. : ил.
6. Вержбицкий, В.М. Численные методы [Текст] / В.М. Вержбицкий. – М.: Высшая школа, 2000.
7. Бахвалов, Н.С. Численные методы [Текст] / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.

## ABOUT CALCULATION OF ESTIMATIONS OF DERIVATIVES OF THE HIGHER ORDER UNDER THE EMPIRICAL DATA

N.S. TITOVA

*Belgorod state university*

*e-mail: NTitova@bsu.edu.ru*

In the given work the scheme of approximation of functions and their derivatives under the empirical data is offered. It is based on use of the known formula from the mathematical analysis, allowing to express differentiated function through a derivative.

Key words: Interpolation, estimation of a derivative, frequency representation, stability of calculations.

## ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МНОГОЛЕНТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

**В.Е. Хачатрян**  
**Я.Г. Великая**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: velikaya@bsu.edu.ru*

На примере многоленточных автоматов предлагается общий подход решения фундаментальных проблем моделей вычислений: эквивалентности, эквивалентных преобразований, минимизации. Подход основан на построении и использовании эквивалентных преобразований.

Ключевые слова: модели вычислений, многоленточные автоматы, проблема эквивалентных преобразований, проблема эквивалентности, проблема минимизации

Модель вычислений в широком смысле может трактоваться как множество конструктивных объектов с приписанной ему универсальной процедурой, посредством которой каждому объекту сопоставляется порождаемое им множество.

Классическими моделями вычислений являются алгебраические выражения, формулы логики, конечные автоматы, абстрактные вычислительные машины, схемы программ и другие [1,2,3,4].

При решении тех или иных задач конкретных моделей вычислений приходится решать следующие проблемы, называемые фундаментальными: эквивалентных преобразований, эквивалентности, минимизации.

### **Проблема эквивалентных преобразований [5, 6]**

Пусть  $M$  некоторое множество объектов, и  $D_1, D_2$  объекты этого множества. Упорядоченную пару  $(D_1, D_2)$  назовем преобразованием объекта  $D_1$  в объект  $D_2$  в множестве  $M$ .

Преобразование  $(D_1, D_2)$ , по определению, эквивалентно, если эквивалентны объекты  $D_1$  и  $D_2$ . Множество преобразований по традиции называется системой преобразований. Система  $T$  э. п называется полной в  $M$ , если для любых двух эквивалентных объектов  $D', D''$  из  $M$  существует последовательность  $(D_1, D_2)(D_2, D_3)\dots(D_{k-1}, D_k)$ ,  $k \geq 2$  преобразований, принадлежащих  $T$ , такая, что  $D' = D_1, D'' = D_k$ .

Тривиальной называется полная система преобразований, состоящая из всех пар эквивалентных объектов, принадлежащих  $M$ .

Проблема эквивалентных преобразований в  $M$  состоит в поиске нетривиальной полной в  $M$  системы.

Проблема э. п., будучи решенной, для некоторого множества объектов, позволяет увидеть, чем отличаются друг от друга эквивалентные объекты, принадлежащие этому множеству.

Решение проблемы э. п. позволяет говорить о решении проблемы частичного распознавания эквивалентности.

### **Проблема эквивалентности [7, 8]**

Под проблемой эквивалентности понимается нахождение алгоритма разрешения эквивалентности, т.е. алгоритма, который по любой паре объектов рассматриваемого множества отвечает на вопрос, эквивалентны объекты пары или нет.

### **Проблема минимизации и поиска всех минимальных [1, 9]**

Проблема минимизации, состоит в построении объекта имеющего минимальное число состояний среди всех объектов, ему эквивалентных.

Обобщим проблему следующим образом: пусть  $M$  – рассматриваемое множество объектов; требуется

- по заданному объекту из  $M$  найти в классе его эквивалентности объект с минимальным числом состояний;

- описать процедуру, посредством которой по найденному объекту конструируется любой минимальный объект в том же классе эквивалентности.

Поставленная задача именуется обобщенной проблемой минимизации в  $M$ .

Предлагается следующий общий подход решения этих фундаментальных проблем. Первоначально необходимо решить проблему эквивалентных преобразований, а именно построить полную систему эквивалентных преобразований. Затем, используя полученную полную систему э.п. преобразований, решить остальные фундаментальные проблемы. А именно: используя полную систему э. п. разработать алгоритм (если таковой существуют), который с помощью э. п. позволяет определить, эквивалентны сравниваемые объекты или нет; разработать алгоритм, который с помощью э. п. позволяет по любому объекту получить минимальный в классе эквивалентности. Отметим, что в общем случае минимальный объект не является единственным и именно полная система эквивалентных преобразований может позволить получить их все.

В работе показывается, что для многоленточных автоматов основополагающей нужно считать проблему э. п., решение которой можно получить, изучив структуру эквивалентных автоматов. Решение проблемы э.п. позволяет решить проблему частичного распознавания эквивалентности, а иногда и эквивалентности. И, конечно же, решение проблемы э. п. позволяет заняться “улучшением” имеющегося автомата, в частности, проблемой минимизации автомата по тем или иным его параметрам. При этом, именно наличие полной системы э. п. позволяет решить проблему нахождения всех минимальных автоматов, поскольку в общем случае он не единственен.

### **Многоленточные автоматы**

Для решения поставленных задач предлагается графическое представление многоленточных автоматов, поскольку мы считаем, что именно такое представление позволяет исследовать структуру рассматриваемых объектов.

Многоленточный автомат представляется диаграммой его переходов и называется автоматом [10].

Автомат – это конечный ориентированный граф с размеченными вершинами символами из  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $n \geq 2$ , и дугами, размеченными символами из  $Q = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$ ,  $m \geq 2$ . Его структура удовлетворяет требованиям:

- в нем имеются две выделенные вершины, называемые входом и выходом диаграммы; из выхода нет исходящих дуг, а из всех остальных вершин исходят по  $m$  дуг;
- все вершины, кроме выхода, помечены символами алфавита  $P$ , а выходящие из вершин дуги помечены символами алфавита  $Q$ , причем дуги, выходящие из одной вершины, помечены различными символами.

Конечный ориентированный путь  $w$  в диаграмме описывается историей  $L(w)$ , где  $L(w) = (a_1, \varepsilon_1)(a_2, \varepsilon_2)\dots(a_k, \varepsilon_k)$ ,  $a_j$  – метка вершины, из которой исходит  $j$ -ая дуга пути, а  $\varepsilon_j$  – метка этой дуги,  $j = 1, 2, \dots, k$ .

$p_i$  – проекцией,  $i = 1, 2, \dots, n$  пути  $w$  называется слово, полученное из  $L(w)$  удалением всех пар, не содержащих символа  $p_i$ .

Автоматы, по определению, эквивалентны тогда и только тогда, когда для любого пути из входа в выход одного автомата в другом существует путь с теми же  $p_i$  – проекциями,  $i = 1, 2, \dots, n$ , и наоборот.

### **Фрагментные преобразования**

Фрагментом автомата считается его часть, определяемая заданным множеством вершин и инцидентными им дугами, которые сохраняют приписанные им метки [6, 10].

Система э. п. преобразований задается конечным набором пар фрагментов, таким, что при замене вхождения одного фрагмента пары в любом автомате другим фрагментом получаем автомат эквивалентный первому [6, 10].



### Проблема эквивалентных преобразований многоленточных автоматов

Разработка э. п. основана на семантическом анализе рассматриваемого отношения эквивалентности и не предполагает наличие алгоритма разрешения эквивалентности, а значит и его использования.

Опишем содержательно систему э.п.  $T_{n,m}$  для многоленточных автоматов  $M_{n,m}$  над алфавитами  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $n \geq 2$ , и  $Q = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$ ,  $m \geq 2$ . Система состоит из пяти групп. Первые две предназначены для удаления вершин не лежащих на пути из входа в выход. Третья позволяет удалять или добавлять строго эквивалентные вершины. Четвертая позволяет менять порядок работы с лентами и наконец пятая — сворачивать и разворачивать циклы встречающиеся в автомате.

Система  $T_{n,m}$  полна в  $M_{n,m}$ , где  $n > 2$ ,  $m \geq 2$ . [10]

Отметим, что при доказательстве полноты, используется стратегия построения полной системы э. п. как приведением к изоморфным автоматам, так и приведением одного автомата к другому.

### Проблема эквивалентности многоленточных автоматов

Для построения разрешающего алгоритма предлагается трансформационный метод [11, 12], использующий для распознавания эквивалентности объектов эквивалентные их преобразования.

Трансформационный метод основан на построении покрытия исходного автомата; выделении, с использованием э. п., купола, в сравниваемом автомате, изоморфного покрытию исходного автомата; построении дерева потомков позволяющего отслеживать процесс проверки автоматов на эквивалентность.

Исходные автоматы эквивалентны тогда и только тогда, когда трансформационный метод не ломается ни на одном шаге, и каждая вершина дерева потомков состоит из эквивалентных автоматов.

Автомат называется с непересекающимися циклами [12], если при циклической работе автомата ленты могут меняться, но с покиданием цикла возврат к нему уже невозможен.

$\alpha$ -сечением дерева потомков назовем сечение [12], каждая вершина которого содержит метку, состоящую из изоморфных автоматов.

Автоматы с непересекающимися циклами эквивалентны тогда и только тогда [12], когда дерево потомков заканчивается  $\alpha$ -сечением, причем высота дерева потомков не превышает числа  $n+3$ , где  $n$  – ранг сравниваемых автоматов.

Проводилась апробация метода [14] на конечных детерминированных многоленточных автоматах

Особо подчеркнем, что трансформационный метод применим к классам автоматов с неразрешимой проблемой включения.

### Проблема минимизации для многоленточных автоматов

Отметим основные особенности многоленточных автоматов:

- существуют классы эквивалентности, обладающие не единственным минимальным по числу состояний автоматами;
- автомат, не содержащий эквивалентных состояний (тупиковый) не является минимальным;
- существуют классы эквивалентности с бесконечным числом тупиковых автоматов.

Пусть множество  $M$  состоит из всех автоматов над алфавитами  $P=\{p,q\}$ ,  $Q=\{0,1\}$ , структура которых удовлетворяет требованиям: из любого  $q$ -состояния автомата дуга, помеченная символом 1, ведет в мертвое состояние автомата; любое состояние автомата, отличное от мертвого, принадлежит какому-либо пути через автомат.

Разработан метод [9, 13], который по любому автомату из  $M$ , используя лишь э. п., строит все минимальные (по числу состояний) ему эквивалентные.

Метод не использует алгоритм разрешения эквивалентности.

Суть метода заключается в следующем:

- Класс эквивалентности разбивается на «срезы» (срез – подкласс автоматов с одинаковой  $p$ -проекцией).
- Среди срезов существует единственный – «главный срез» (срез, с минимальным числом  $p$ -составляющих).
- Используя полную систему э. п., по произвольному автомату можно построить канонический (он единственен в классе эквивалентности и принадлежит главному срезу).
- Используя полную систему э. п. среза, находят все минимальные автоматы главного среза.
- Осуществляется поиск в допустимых срезах автоматов, размеры которых не превышают размера минимальных автоматов в главном срезу, с доказательством их тупиковости и конечности их множества.

### Литература

1. Бауэр В. Введение в теорию конечных автоматов, под ред. Ю.И. Журавлева – М.: Радио и связь, 1987. 392 с.
2. Котов В.Е., Сабельфельд В.К. Теория схем программ. Москва: Наука. 1991. с. 248
3. Eilenberg S. Automata, Languages and Machines, Vol. A (Academic Press, New York, 1974).
4. Rabin M.O., Scott D. Finite automata and their decision problems // IBM J. of Research and Development, 1959, 3, № 2. p. 114–125 (Русский перевод: Кибернетический сборник, 1962, № 4, с. 58–91)
5. Подловченко Р.И. О проблеме эквивалентных преобразований программ // Программирование, 1986, №6, с. 3–14
6. Подловченко Р.И., Айрапетян М.Г. О построении полных систем эквивалентных преобразований схем программ // Программирование, 1996. № 1. с. 3–29.
7. Летичевский А.А. Практические методы распознавания эквивалентности дискретных преобразователей и схем программ // Кибернетика, 1973, № 4, с.15–26.
8. Подловченко Р.И. Распознавание эквивалентности в модели программ с частично перестановочными операторами // Тезисы докл. Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты разработки больших распределенных программных комплексов» (г. Новороссийск, 21–26 сент. 1998), изд. МГУ, 1998, с. 15–20
9. Хачатрян В.Е. Решение обобщенной проблемы минимизации для двухленточных автоматов с одной фиксированной лентой // ДАН. 2006. том 411. № 3. с. 314–318.
10. Хачатрян В.Е. Полная система эквивалентных преобразований для многоленточных автоматов // Программирование. 2003. №1. С.62-77.
11. Подловченко Р.И., Хачатрян В.Е. Метод трансформационного распознавания эквивалентности в моделях вычислений // 8-ой межд. сем. Дискретная математика и ее приложения. Москва, МГУ. 2004. С. 38–43.
12. Подловченко Р.И., Хачатрян В.Е. Об одном подходе к разрешению проблемы эквивалентности // Программирование. 2004. № 3. С. 1–17.
13. Подловченко Р.И., Хачатрян В. Е. Минимальность и тупиковость многоленточных автоматов // Дискретная математика. 2008. № 2. с. 92–120.
14. Хачатрян В.Е. Трансформационный метод в моделях вычислений // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. № 4. с. 52–55.

## THE APPROACH TO THE DECISION OF FUNDAMENTAL PROBLEMS OF MODELS OF CALCULATIONS ON AN EXAMPLE OF MULTITAPE AUTOMATIC DEVICES

V.E.Khachatryan  
Y.G.Velikaya

*The Belgorod state university*

*e-mail: velikaya@bsu.edu.ru*

On an example of multitape automatic devices the common approach of the decision of fundamental problems of models of calculations is offered: the equivalence, equivalent transformations, minimization. The approach is based on construction and use of equivalent transformations.

Key words: models of calculations, multitape automatic devices, a problem of equivalent transformations, a problem of equivalence, a problem of minimization

## ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕДУР СЖАТИЯ РЕЧЕВЫХ ДАННЫХ

**И.И.Чижов**  
**Т.Н. Созонова**  
**И. В. Деев**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: chizhov@bsu.edu.ru*

В статье рассмотрены основные современные алгоритмы сжатия речевых данных с потерями, прошедшие международную стандартизацию. В настоящее время авторы подобных методов сжатия данных пытаются найти оптимальное соотношение между минимальным битрейтом и максимальным субъективным качеством восстановленного сигнала.

Ключевые слова: речевой сигнал, сжатие данных, кодек, алгоритм сжатия, интерполяция, среднеквадратическое отклонение.

### **Введение**

Стоит отметить, что речь обладает такими существенными отличиями от обобщенного звукового сигнала, как более узкая полоса частот (около 4 кГц) и наличие значительного числа неинформативных пауз в сигнале, что позволило создать ряд алгоритмов сжатия ориентированных только на речевые сигналы.

На сегодняшний день, наибольшее распространение алгоритмы сжатия речи с потерями получили в системах IP-телефонии. VoIP (Voice-over-IP) – IP-телефония – система связи, при которой аналоговый звуковой сигнал от одного абонента дискретизируется (кодируется в цифровой) вид, компрессируется и пересылается по цифровым каналам связи до второго абонента, где производится обратная операция – декомпрессия, декодирование и воспроизведение аналогового сигнала.

Возможность передачи голосовых сообщений через сеть с пакетной коммутацией впервые была реализована в 1993 году. Данная технология получила название VoIP (Voice over IP). Одним из частных приложений данной технологии является IP-телефония – услуга по передаче телефонных разговоров абонентов по протоколу IP.

Основными преимуществами технологии VoIP является сокращение требуемой полосы пропускания, что обеспечивается учётом статистических характеристик речевого трафика:

- блокировкой передачи пауз (диалоговых, слоговых, смысловых и др.), которые могут составлять до 40-50 % времени занятия канала передачи;
- высокой избыточностью речевого сигнала и его сжатием (без потери качества восстановления) до уровня 20-40 % исходного сигнала.

С другой стороны трафик VoIP критичен к задержкам пакетов в сети, но обладает толерантностью (устойчивостью) к потерям отдельных пакетов. Так потеря до 5 % пакетов не приводит к ухудшению разборчивости речи.

### **Алгоритмы кодирования речевых сигналов**

Источником информационных данных является речевой сигнал, возможной моделью которого является нестационарный случайный процесс. В первом приближении можно выделить следующие типы сигнальных фрагментов: вокализированные, невокализированные, переходные и паузы. При передаче речи в цифровой форме каждый тип сигнала при одной и той же длительности и одинаковом качестве требует различного числа бит для кодирования и передачи. Следовательно, скорость передачи разных типов сигнала также может быть различной, что обуславливает применение кодеков с переменной скоростью. В результате передача речевых данных в каждом направлении дуплексного канала рассматривается как передача асинхронных логически самостоятельных фрагментов цифровых последовательностей (транзакций) с датаграммной синхронизацией внутри транзакции, наполненной блоками различной длины. В основе кодека речи с переменной скоростью лежит классификатор входного сигнала, определяющий степень его информативности и, таким образом, задающий



метод кодирования и скорость передачи речевых данных. Наиболее простым классификатором речевого сигнала является Voice Activity Detector (VAD), который выделяет во входном речевом сигнале активную речь и паузы. При этом, фрагменты сигнала, классифицируемые как активная речь, кодируются каким-либо из известных алгоритмов (как правило, на базе метода Code Excited Linear Prediction – CELP) с базовой скоростью 4-8 кбит/с. Фрагменты, классифицированные как паузы, кодируются и передаются с низкой скоростью порядка 0.1 – 0.2 Кбит/с, либо не передаются вообще. При этом передача минимальной информации о фрагментах пауз предпочтительна. Данная стратегия позволяет оптимизировать скорость кодирования до 2-4 кбит/с при достаточном качестве синтезируемой речи. При этом для особо критичных фрагментов речевого сигнала выделяется большая скорость передачи, для менее ответственных – меньшая. Вместе с тем необходимо отметить, что вокодер вносит дополнительную задержку порядка 15-45 мс, возникающую по следующим причинам:

- использование буфера для накопления сигнала и учёта статистики последующих отсчётов (алгоритмическая задержка);
- математические преобразования, выполняемые над речевым сигналом, требуют процессорного времени (вычислительная задержка).

Данную задержку необходимо учитывать при расчёте сквозных задержек. Проведённый в различных исследовательских группах анализ качества передачи речевых данных через сеть Интернет показывает, что основным источником возникновения искажений, снижения качества и разборчивости синтезированной речи является прерывание потока речевых данных, вызванное:

- потерями пакетов при передаче по сети связи;
- превышением допустимого времени доставки пакета с речевыми данными.

Это требует решения задачи оптимизации задержек в сети и создание алгоритмов компрессии речи устойчивых к потерям пакетов (восстановления потерянных пакетов).

### **Кодеки речевых данных**

Проприетарные:

- G.728.

Гибридный кодек, описанный в рекомендации G.728 в 1992 г, относится к категории LD-CELP – Low Delay – Code Excited Linear Prediction – Кодек с управляемым кодом линейным предсказанием и малой задержкой. Кодек обеспечивает скорость преобразования 16 Кбит/с, вносит задержку при кодировании от 3 до 5 мс и предназначен для использования в системах видеоконференций. В устройствах IP-телефонии данный кодек применяется достаточно редко.

- G.729.

Семейство включает кодеки G.729, G.729 Annex A, G.729 Annex B (содержит VAD и генератор комфортного шума). Кодеки G.729 сокращенно называют CS-ACELP Conjugate Structure – Algebraic Code Excited Linear Prediction – Сопряжённая структура с управляемым алгебраическим кодом линейным предсказанием. Процесс преобразования использует 21,5 MIPS и вносит задержку 15 мс. Скорость кодированного речевого сигнала составляет 8 Кбит/с. В устройствах VoIP данный кодек занимает лидирующее положение, обеспечивая наилучшее качество кодирования речевой информации при достаточно высокой компрессии.

- G.723.1.

Рекомендация G.723.1 описывает гибридные кодеки, использующие технологию кодирования речевой информации, сокращённо называемую – MP-MLQ (Multy-Pulse – Multy Level Quantization – Множественная Импульсная, Многоуровневая Квантизация), данные кодеки можно охарактеризовать, как комбинацию АЦП/ЦАП и вокодера. Как уже упоминалось выше, своим возникновением гибридные кодеки обязаны системам мобильной связи. Применение вокодера позволяет снизить скорость передачи данных в канале, что принципиально важно для эффективного использования как радиотракта, так и IP-канала. Основным принцип работы вокодера – синтез исход-



ного речевого сигнала посредством адаптивной замены его гармонических составляющих соответствующим набором частотных фонем и согласованными шумовыми коэффициентами. Кодек G.723 осуществляет преобразование аналогового сигнала в поток данных со скоростью 64 Кбит/с (ИКМ), а затем при помощи многополосного цифрового фильтра/вокодера выделяет частотные фонемы, анализирует их и передаёт по IP-каналу информацию только о текущем состоянии фонем в речевом сигнале. Данный алгоритм преобразования позволяет снизить скорость кодированной информации до 5,3 – 6,3 Кбит/с без видимого ухудшения качества речи. Кодек имеет две скорости и два варианта кодирования: 6,3 Кбит/с с алгоритмом MP-MLQ и 5,3 Кбит/с с алгоритмом CELP. Первый вариант предназначен для сетей с пакетной передачей голоса и обеспечивает лучшее качество кодирования по сравнению с вариантом CELP, но менее адаптирован к использованию в сетях со смешанным типом трафика (голос/данные). Процесс преобразования требует от DSP 16,4 – 16,7 MIPS (Million Instructions Per Second) и вносит задержку 37 мс. Кодек G.723.1 широко применяется в голосовых шлюзах и прочих устройствах IP-телефонии. Кодек уступает по качеству кодирования речи кодеку G.729a, но менее требователен к ресурсам процессора и пропускной способности канала.

Бесплатные:

- GSM.
- G.726.

Рекомендация G.726 описывает технологию кодирования с использованием Адаптивной Дифференциальной Импульсно-Кодовой Модуляции (АДИКМ) со скоростями: 32 Кбит/с, 24 Кбит/с, 16 Кбит/с. Процесс преобразования не вносит существенной задержки и требует от DSP 5,5 – 6,4 MIPS. Кодек может применяться совместно с кодеком G.711 для снижения скорости кодирования последнего. Кодек предназначен для использования в системах видеоконференций.

- G.711 uLaw.
- G.711 aLaw.

Рекомендация, утверждённая МККТТ в 1984 г., описывает кодек, использующий ИКМ преобразование аналогового сигнала с точностью 8 бит, тактовой частотой 8 кГц и простейшей компрессией амплитуды сигнала. Скорость потока данных на выходе преобразователя составляет 64 Кбит/с (8 Бит, 8 КГц). Для снижения шума квантования и улучшения преобразования сигналов с небольшой амплитудой, при кодировании используется нелинейное квантование по уровню согласно специальному псевдо-логарифмическому закону A или  $m - \text{Law}$ . Первые ИКМ кодеки с нелинейным квантованием появились уже в 60-х гг. Кодек G.711 широко распространён в системах традиционной телефонии с коммутацией каналов. Несмотря на то, что рекомендация G.711 в стандарте H.323 является основной и первичной, в шлюзах IP-телефонии данный кодек применяется редко из-за высоких требований к полосе пропускания и задержкам в канале передачи (всё-таки 64 Кбит/с это много). Использование G.711 в системах IP-телефонии обосновано лишь в тех случаях, когда требуется обеспечить максимальное качество кодирования речевой информации при небольшом числе одновременных разговоров.

### **Вычислительные эксперименты**

Вычислительный эксперимент состоял из следующих этапов:

1. Оцифровка и сохранение в формате .wav исходного речевого сигнала;
2. Кодирование исходного сигнала при помощи наиболее современных алгоритмов сжатия речевых данных с потерями на типичных для данного алгоритма битрейтах;
3. Оценка субъективного качества восстановленных сигналов группой экспертов по традиционной 5-ти бальной шкале, где наилучшему качеству звучания соответствует наибольший бал и вычисление средней оценки для алгоритма.

В таблице представлены наиболее типичные результаты экспериментов.

Таблица 1

**Результаты оценки субъективного качества восстановленных сигналов**

№	Кодек	Тип кодека	Битрейт	Оценка
1	G.711	ИКМ	64 Кбит/с	4,1
2	G.726	АДИКМ	32 Кбит/с	3,85
3	G.728	LD – CELP	16 Кбит/с	3,61
4	Skype	AMR-WB	14 Кбит/с	4,1
5	G.729	CS – ACELP (без VAD)	8 Кбит/с	3,92
6	G.729	2-х кратное кодирование	8 Кбит/с	3,27
7	G.729	3-х кратное кодирование	8 Кбит/с	2,68
8	G.729a	CS – ACELP	8 Кбит/с	3,7
9	G.723.1	MP – MLQ	6,3 Кбит/с	3,9
10	G.723.1	ACELP	5,3 Кбит/с	3,65

**Литература**

- Артюшенко, В. М. Цифровое сжатие видеоинформации и звука [Текст] : учеб. пособие / В. М. Артюшенко, О. И. Шелухин, М. Ю. Афонин ; под ред. В. М. Артюшенко. – М. : Дашков и К, 2003. – 426 с.
- Баранов, Л. А. Квантование по уровню и временная дискретизация в цифровых системах управления [Текст] / Л. А. Баранов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.
- Витерби, Э. Д. Принципы цифровой связи и кодирования [Текст] / А. Д. Витерби, Дж. К. Омура ; пер. с англ. и под ред. К. Ш. Зигангирова. – М. : Радио и связь, 1982. – 536 с. : ил. – (Статистическая теория связи ; вып. 18).
- Вологдин, Э. И. Слух и восприятие звука [Текст] : учеб. пособие / Э. И. Вологдин. – СПб. : СТ «Факультет ДВО», 2004. – 52 с.
- Голд, Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] : пер. с англ. / Б. Голд, Ч. Рейдер. – М. : Сов. радио, 1973. – 376 с.
- Грудинин, А. С. Кодирование сигналов звукового вещания в базисе дискретного косинусного преобразования [Текст] / А. С. Грудинин, А. М. Синильников // Техника средств связи. – 1986. – Вып. 3. – С. 3-10. – (Сер. ТРПА).
- Жиляков, Е. Г. О субполосном кодировании сигнала [Текст] / Е. Г. Жиляков,
- И. Г. Попов, И. И. Чижов // Вестник НТУ (ХПИ) : сб. науч. тр. – Харьков, 2004.
- № 46. – С. 10-20. – (Тем. вып. «Информатика и моделирование»).
- Жиляков, Е. Г. Оптимальный синтез квантователя по уровню [Текст] / Е. Г. Жиляков, И. Г. Попов, И. И. Чижов // Вестник НТУ (ХПИ) : сб. науч. тр. – Харьков, 2004. – № 46. – С. 101-106. – (Тем. вып. «Информатика и моделирование»).
- Ковалгин, Ю. А. Цифровое кодирование звуковых сигналов : учеб. пособие [Текст] / Ю. А. Ковалгин, Э. И. Вологдин. – СПб. : КОРОНА-принт, 2004. – 240 с.

**THE COMPARISON OF THE MODERN METHODS OF SPEECH COMPRESSION**

I.I. Chizhov  
T.N. Sozonova  
I.V. Deev

*Belgorod state university*

*e-mail: chizhov@bsu.edu.ru*

In the article the most part of modern methods of speech compression are described. The main problem of such methods is to find the minimum bitrate where the quality of the reconstructed speech signal is quite good yet.

Key words: speech signal, data compression, codec, compression method, decimation, interpolation, the relative error.

## О ВЕРИФИКАЦИИ КОНЕЧНЫХ ПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРОГРАММ

**П.Е. БУЛЫЧЕВ  
В.А. ЗАХАРОВ**

*Московский  
государственный  
университет  
им. М.В. Ломоносова*

*e-mail: zakh@cs.msu.su*

В настоящей работе введен и исследован новый класс параметризованных моделей распределенных программ. Модели представляют собой конечные размеченные системы переходов, в которых в качестве параметров используются булевы переменные. Благодаря этому открывается возможность компактного описания конечных семейств взаимодействующих процессов, в которых оценки событий в различных состояниях и осуществимость переходов между состояниями определенным образом согласованы между собой. Предложен символьный алгоритм верификации конечных параметризованных моделей программ для логики деревьев вычислений CTL, а также установлены оценки сложности рассматриваемой задачи.

Ключевые слова: программа, система переходов, спецификация, темпоральная логика, верификация, булева функция, OBDD, NP-полная задача.

---

Одной из актуальных задач системного программирования является проверка правильности сложных программ. Каждое средство верификации программ создается на основе специальной математической теории, в рамках которой определяются модели программ, язык описания требований правильного поведения программ (спецификации), а также алгоритмы проверки выполнимости этих требований для моделей программ. Наиболее часто в качестве языка спецификаций используется язык формальной логики, а в роли модели проверяемой программы выступает одна из логических интерпретаций (моделей) этого языка, в которой представлены всевозможные вычисления этой программы. Тогда задача проверки правильности поведения программы сводится к хорошо известной задаче математической логики – проверке выполнимости заданной логической формулы в заданной модели (model checking, верификация моделей программ). Для многих классов программ, вычисления которых проявляются во взаимодействии их компонентов между собой и с окружающей средой, верификацию моделей программ наиболее удобно проводить на основе темпоральных логик. Моделью программы в этом случае является размеченная система переходов (модель Крипке), в состояниях которой дается оценка осуществимости событий, и задача верификации программы сводится к задаче проверки выполнимости заданной темпоральной формулы на заданной системе переходов. Хорошо известны эффективные алгоритмы проверки выполнимости темпоральных формул в конечных моделях (см. [1]), сложность которых пропорциональна размеру модели. На основе этих алгоритмов были созданы системы верификации программ nuSMV [2], SPIN [3] и др., применяемые при разработке программного обеспечения и микроэлектронных схем.

Но существуют и такие распределенные программные системы, для описания которых приходится использовать бесконечные семейства моделей со сколь угодно большим числом состояний. Семейства моделей программ такого рода называются параметризованными моделями программ. Параметром модели обычно служит какая-либо характеристика программы, например, количество процессов, емкость каналов связи, максимальный размер данных и т. п. Как было показано в статье [4], в общем случае задача верификации параметризованных моделей программ алгоритмически неразрешима. Тем не менее, для отдельных классов распределенных систем, применяемых на практике, удалось разработать специальные методы, позволяющие проводить верификацию соответствующих параметризованных моделей программ. К числу основных методов верификации параметризованных моделей распределенных программ относятся метод выявления симметрии [5-9], метод абстракции [10-12], метод инвариантов [13-15]. При помощи этих методов удалось успешно проверить правильность некоторых распределенных алгоритмов и сетевых протоколов.

В настоящей работе введен и исследован новый класс параметризованных моделей программ, представляющих собой конечные размеченные системы переходов, в которых в качестве параметров используются булевы переменные. Все переходы системы, а также события в каждом состоянии системы помечены булевыми формулами, зависящими от переменных-параметров. Для каждого набора значений параметров булевы формулы, помечающие события, определяют оценку событий во всех состояниях системы. При этом доступными считаются лишь те переходы, которые помечены булевыми формулами, выполнимыми на заданном наборе значений переменных-параметров. Поскольку множество наборов значений булевых параметров конечно, каждая такая параметризованная модель определяет конечное множество примеров обыкновенных (непараметризованных) моделей программ. Благодаря этому открывается возможность компактного описания конечных семейств моделей программ, в которых оценки событий в различных состояниях и осуществимость переходов между состояниями определенным образом согласованы между собой.

При помощи переменных-параметров можно описывать разнообразные требования, налагаемые на топологию коммуникационной подсистемы, а также вводить зависимость между осуществимостью событий в разных состояниях системы. Рассмотрим, например, следующую задачу маршрутизации. Предположим, что распределенная вычислительная система состоит из  $n$  процессов, соединенных ненадежными каналами связи. Необходимо убедиться, что адаптивный алгоритм маршрутизации обеспечивает доставку сообщений из одного узла этой системы в другой узел всякий раз, когда исправные каналы связи образуют связную сеть. Чтобы проверить это условие корректности, можно проанализировать по отдельности все возможные варианты неисправности каналов связи, при которых сохраняется связность коммуникационной сети. Применяя методы верификации моделей программ, для каждого варианта неисправности сети можно проверить выполнимость требования неизбежной доставки сообщения. Однако если количество вариантов неисправности сети очень велико (возрастает экспоненциально с увеличением числа узлов сети), то такой способ проверки правильности распределенного алгоритма практически неприемлем. Альтернативный способ решения этой задачи верификации программ позволяет ограничиться изучением одной-единственной конечной параметризованной модели программ. Для этого достаточно ввести вспомогательные булевы параметры и пометить каналы связи булевыми функциями, зависящими от этих параметров. Система булевых функций, помечающих каналы связи, должна быть выбрана таким образом, чтобы

1) для любой связной подсети существовал набор значений параметров, на котором значение true принимают только те булевы функции, которые приписаны каналам связи этой подсети;

2) для любого набора значений параметров подсеть, образованная всеми теми каналами связи, у которых соответствующие булевы функции принимают значение true на этом наборе, являлась связной.

Для выбора подходящей разметки можно применить алгоритмы теории тестирования управляющих систем [16]. Как только указанная разметка каналов связи сформирована, мы получаем конечную параметризованную модель распределенной системы, для которой можем проверять выполнимость требования неизбежной доставки сообщений.

Конечные модели подобного рода исследовались в работе [17]. Авторы этой работы использовали трехзначную логику для описания моделей с частично определенной структурой. В предложенной нами разновидности конечных параметризованных моделей допускаются гораздо более широкие возможности использования параметров, нежели в работе [17]. Нами также предложен символьный алгоритм верификации конечных параметризованных моделей программ для логики деревьев вычислений STL, а также установлены оценки сложности рассматриваемой задачи.

Вначале мы коротко напомним основные понятия темпоральной логики деревьев вычислений STL, затем введем параметризованные модели программ (модели Крипке), и в завершении опишем символьный алгоритм верификации конечных параметризованных моделей Крипке и оценим его сложность.

**1. Темпоральная логика CTL.** Темпоральная логика деревьев вычислений (Computational Tree Logic, CTL) была предложена для формального описания требований корректного поведения, которые предъявляются к реагирующим вычислительным системам. К числу систем такого рода относятся интерактивные, многокритериевые, распределенные программы, встроенные информационные системы. Реагирующим системам присущи две характерные особенности – недетерминизм и незавершенность вычислений. Поэтому поведение реагирующей системы определяется множеством ее бесконечных вычислений, организованным в виде дерева. В каждом состоянии вычисления могут быть зарегистрированы те или иные события, например, отправление запроса, открытие доступа к ресурсу, изменение значения переменной и др. Каждому из таких событий сопоставляется атомарная формула, принимающая логическое значение *true* только в том случае, когда по ходу вычисления реагирующей системы осуществляется соответствующее событие. Формулы CTL описывают причинно-следственные зависимости между событиями, происходящими в различные моменты времени в процессе функционирования реагирующей системы. При помощи формул CTL можно задавать требования корректности, определяющие желаемое поведение системы, а затем для заданного формального описания (программы, схемы, спецификации и др.) реагирующей системы проверять, используя методы, алгоритмы и инструментальные средства верификации моделей программ, выполнимость этих требований. Строгое определение синтаксиса и семантики CTL таково.

Пусть задано множество  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n, \dots\}$  атомарных формул (событий). Формулой CTL называется всякое выражение  $\varphi$ , которое либо является атомарной формулой, либо является составной формулой одного из перечисленных ниже видов:  $\neg\psi$ ,  $\psi_1 \wedge \psi_2$ ,  $\psi_1 \vee \psi_2$ ,  $\forall X\psi$ ,  $\exists X\psi$ ,  $\forall F\psi$ ,  $\exists F\psi$ ,  $\forall G\psi$ ,  $\exists G\psi$ ,  $\forall(\psi_1 U \psi_2)$ ,  $\exists(\psi_1 U \psi_2)$ ,

где  $\psi, \psi_1, \psi_2$  – формулы CTL. Логические связки  $\neg$  (отрицание),  $\wedge$  (конъюнкция) и  $\vee$  (дизъюнкция) имеют тот же смысл, что и в классической логике. Темпоральные операторы  $X$  («в следующий момент времени», *next\_time*),  $F$  («когда-нибудь», *some time in Future*),  $G$  («всегда», *Globally*) и  $U$  («до тех пор пока», *Until*) служат для описания осуществимости событий на протяжении бесконечного вычисления реагирующей системы. Кванторы  $\forall$  и  $\exists$  указывают, относится ли утверждение об осуществимости событий во времени ко всем вычислениям системы или только к одному из вычислений. Например, формула  $\forall(\neg(a_1 \wedge a_2)U(\exists F a_0))$  утверждает, что в каждом вычислении системы события  $a_1$  и  $a_2$  не могут осуществляться совместно, до тех пор пока не будет достигнуто некоторое состояние, начиная из которого вычисление может быть продолжено таким образом, что рано или поздно осуществится событие  $a_0$ .

Семантика (интерпретация) формул CTL определяется на основе размеченных систем переходов (моделей Крипке). Моделью Крипке называется четверка  $M = (S, S_0, R, L)$ , где  $S$  – непустое конечное множество состояний,  $S_0$  – подмножество начальных состояний,  $R \subseteq S \times S$  – множество переходов,  $L : S \times A \rightarrow \{true, false\}$  – оценка событий. При этом предполагается, что отношение переходов является тотальным: для любого состояния  $s$  существует состояние  $s'$ , в которое ведет переход из  $s$ , т.е.  $(s, s') \in R$ . Вычислением в модели Крипке  $M$  называется бесконечная последовательность состояний  $\pi = s_1, s_2, \dots, s_i, s_{i+1}, \dots$ , в которой для каждого номера  $i, i \geq 1$ , выполняется отношение перехода  $(s_i, s_{i+1}) \in R$ . Условимся использовать запись  $\pi[i]$  для обозначения  $i$ -го состояния в вычислении  $\pi$ .

Для заданной модели Крипке  $M$ , ее состояния  $s, s \in S$ , и формулы CTL  $\varphi$  бинарное отношение выполнимости  $M, s \models \varphi$  определяется следующим образом:

- Если  $\varphi = a \in A$ , то  $M, s \models \varphi \Leftrightarrow L(s, a) = true$ ;
- Если  $\varphi = \neg\psi$ , то  $M, s \models \varphi \Leftrightarrow M, s \not\models \psi$ ;

- Если  $\varphi = \psi_1 \wedge \psi_2$ , то  $M, s \models \varphi \Leftrightarrow M, s \models \psi_1$  и  $M, s \models \psi_2$ ;
- Если  $\varphi = \psi_1 \vee \psi_2$ , то  $M, s \models \varphi \Leftrightarrow M, s \models \psi_1$  или  $M, s \models \psi_2$ ;
- Если  $\varphi = \forall X\psi$ , то  $M, s \models \varphi \Leftrightarrow$  для любого состояния  $s'$ , в которое ведет переход из состояния  $s$ , верно  $M, s' \models \psi$ ;
- Если  $\varphi = \forall F\psi$ , то  $M, s \models \varphi \Leftrightarrow$  для любого вычисления  $\pi$ , исходящего из состояния  $s$ , существует такое  $i, i \geq 1$ , для которого верно  $M, \pi[i] \models \psi$ ;
- Если  $\varphi = \forall G\psi$ , то  $M, s \models \varphi \Leftrightarrow$  для любого вычисления  $\pi$ , исходящего из состояния  $s$ , что для всякого  $i, i \geq 1$ , верно  $M, \pi[i] \models \psi$ ;
- Если  $\varphi = \forall(\psi_1 U \psi_2)$ , то  $M, s \models \varphi \Leftrightarrow$  для любого вычисления  $\pi$ , исходящего из состояния  $s$ , существует такое  $i, i \geq 1$ , что  $M, \pi[i] \models \psi$  и для всякого  $j, 1 \leq j < i$ , верно  $M, \pi[j] \models \psi$ .

Отношение выполнимости для формул  $\exists X\psi$ ,  $\exists F\psi$ ,  $\exists G\psi$ ,  $\exists(\psi_1 U \psi_2)$  определяется аналогичным образом с той лишь разницей, что вместо *всех* переходов и вычислений, исходящих из состояния  $s$ , достаточно рассмотреть лишь *один* переход или вычисление.

**2. Параметризованные модели Крипке.** В параметризованных моделях Крипке состояния и переходы систем помечены булевыми функциями, зависящими от параметров. Для каждого набора значений этих параметров значения этих функций определяют оценку атомарных формул и активность переходов. Формальное определение параметризованных модели Крипке таково. Пусть заданы конечные множества  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  атомарных формул (событий) и  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  параметров. Запись  $For_p$  будем использовать для обозначения множества всех булевых формул над переменными множества  $P$ . Конечной параметризованной моделью Крипке сигнатуры  $(A, P)$  называется четверка  $\widehat{M} = (S, S_0, R, L)$ , где  $S$  – непустое конечное множество состояний,  $S_0$  – подмножество начальных состояний,  $R : S \times S \rightarrow For_p$  – параметризованное множество переходов,  $L : S \times A \rightarrow For_p$  – параметризованная оценка событий. Для каждого набора  $\sigma$  значений параметров  $P$  параметризованная модель  $\widehat{M}$  определяет обыкновенную модель Крипке  $\widehat{M}[\sigma]$ , которая называется примером параметризованной модели  $\widehat{M}$ . В  $\widehat{M}[\sigma]$  из состояния  $v$  в состояние  $u$  имеется переход в том и только том случае, когда формула  $R(v, u)$  на наборе  $\sigma$  принимает значение *true*. Значения формул  $L(v, a)$  на наборе  $\sigma$  задают оценку событий в состояниях модели  $\widehat{M}[\sigma]$ . Для сохранения тотальности отношения переходов в каждом примере  $\widehat{M}[\sigma]$  на параметризованное отношение переходов  $R$  налагается ограничение: для любого состояния  $u$  должно выполняться тождество  $\bigvee_{v \in S} R(u, v) \equiv true$ . Сформулируем задачу верификации конечных параметризованных моделей. Пусть задана булева формула  $g$  из множества  $For_p$ , используемая для ограничения значений переменных-параметров. Темпоральная формула  $\varphi$ , зависящая от событий  $A$ , считается выполнимой в конечной параметризованной модели  $\widehat{M}$  при ограничении параметризации  $g$  (этот факт будем обозначать записью  $\widehat{M}, g \models \varphi$ ), если для любого набора  $\sigma$  значений параметров и для любого начального состояния  $s_0$  выполняется соотношение  $g(\sigma) = true \Rightarrow \widehat{M}[\sigma], s_0 \models \varphi$ . Задача верификации заключается в проверке соотношения  $\widehat{M}, g \models \varphi$  для заданной конечной параметризованной модели  $\widehat{M}$ , формулы СТЛ  $\varphi$  и булевого ограничения  $g$ .

**3. Символьный алгоритм верификации конечных параметризованных систем для STL.** Символьные алгоритмы верификации работают со сложными структурами данных (формулами, уравнениями, логическими схемами и др.), позволяющими компактно описывать конечные множества. Конечную параметризованную модель можно определить набором булевых формул, зависящих от событий, параметров и вспомогательных переменных, используемых для представления состояний модели. Для заданной конечной параметризованной модели Крипке  $\widehat{M} = (S, S_0, R, L)$  сигнатуры  $(A, P)$ , где  $|A| = n, |P| = m, |S| = 2^k$ , введем множество вспомогательных булевых переменных  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$  и сопоставим взаимно однозначно каждому состоянию  $s$  из множества  $S$  набор  $\Delta_s$  значений вспомогательных переменных. Тогда конечная параметризованная модель  $\widehat{M}$  полностью определяется набором, состоящим из  $n+2$  булевых формул  $\langle f_0^{(k)}, f_R^{(m+2k)}, f_1^{(m+k)}, f_2^{(m+k)}, \dots, f_n^{(m+k)} \rangle$ , удовлетворяющих условиям:

- 1)  $s \in S_0 \Leftrightarrow f_0(\Delta_s) = true$ ;
- 2) для любой пары состояний  $u, v$  верно соотношение  $f_R(\Delta_u, \Delta_v, p_1, \dots, p_m) \equiv R(u, v)$ ;
- 3) для любого состояния  $u$  справедливо соотношение  $f_i(\Delta_u, p_1, \dots, p_m) \equiv L(u, a_i)$ ;

Верификация параметризованной модели  $\widehat{M}$  проводится в два этапа. На первом этапе для заданной STL формулы  $\varphi$  вычисляется  $(m+k)$ -местная булева формула  $h_\varphi(\bar{z}, \bar{p})$ , которая характеризует выполнимость темпоральной формулы  $\varphi$  в каждом состоянии системы в зависимости от значений параметров. Как известно (см. [1]), каждая STL-формула равносильна темпоральной формуле, в которой применяются только булевы связки  $\wedge, \neg$  и темпоральные операторы  $\exists X, \exists U, \exists G$ . Поэтому достаточно представить процедуры вычисления булевых формул  $h_\varphi^M(\bar{z}, \bar{p})$  для темпоральных формул  $\varphi$ , озаглавленных указанными логическими связками и операторами.

1. Если  $\varphi = a_i$ , где  $a_i \in A$ , то  $h_\varphi^M(\bar{z}, \bar{p}) \equiv f_i$ .
2. Если  $\varphi = \neg\psi$ , то  $h_\varphi^M(\bar{z}, \bar{p}) \equiv \neg h_\psi^M(\bar{z}, \bar{p})$ .
3. Если  $\varphi = \psi \wedge \chi$ , то  $h_\varphi^M(\bar{z}, \bar{p}) \equiv h_\psi^M(\bar{z}, \bar{p}) \wedge h_\chi^M(\bar{z}, \bar{p})$ .
4. Если  $\varphi = \exists X\psi$ , то  $h_\varphi^M(\bar{z}, \bar{p}) \equiv \exists \bar{z}_0 (f_R(\bar{z}, \bar{z}_0, \bar{p}) \wedge h_\psi^M(\bar{z}_0, \bar{p}))$ .
5. Если  $\varphi = \exists(\psi U \chi)$ , то  $h_\varphi^M$  – это булева функция, которая является наименьшим в решетке булевых функций решением функционального уравнения

$$Y(\bar{z}, \bar{p}) = h_\chi^M(\bar{z}, \bar{p}) \vee (h_\psi^M(\bar{z}, \bar{p}) \wedge \exists \bar{z}_0 (f_R(\bar{z}, \bar{z}_0, \bar{p}) \wedge Y(\bar{z}_0, \bar{p}))).$$

Это решение может быть вычислено следующей процедурой:

$$Y := 0; Y' := h_\chi; \mathbf{while} Y \neq Y' \mathbf{do} Y := Y'; Y' := h_\chi \vee (h_\psi \wedge \exists \bar{z}_0 (f_R \wedge Y)) \mathbf{od}.$$

6. Если  $\varphi = \exists G\psi$ , то  $h_\varphi^M$  – это булева функция, которая является наибольшим в решетке булевых функций решением функционального уравнения

$$Y(\bar{z}, \bar{p}) = h_\psi^M(\bar{z}, \bar{p}) \wedge \exists \bar{z}_0 (f_R(\bar{z}, \bar{z}_0, \bar{p}) \wedge Y(\bar{z}_0, \bar{p})).$$

Это решение может быть вычислено следующей процедурой:

$$Y := 1; Y' := h_\psi; \mathbf{while} Y \neq Y' \mathbf{do} Y := Y'; Y' := h_\psi \wedge \exists \bar{z}_0 (f_R \wedge Y) \mathbf{od}.$$

Здесь 1 и 0 обозначают булевы функции, которые тождественно равны *true* и *false* соответственно. Применение квантора существования  $\exists z f(x, z)$  к булевой формуле представляет собой сокращенную запись формулы  $f(x, 0) \vee f(x, 1)$ .

**Лемма 1.** Для любой конечной параметризованной модели Крипке  $\widehat{M}$ , STL-формулы  $\varphi$  и набора значений параметров  $\sigma$  верно соотношение  $\widehat{M}, s \models \varphi \Leftrightarrow h_\varphi^M(\sigma) = true$ .



Эта лемма является обобщением аналогичного утверждения для обычных моделей Крипке (см. [1]).

На втором этапе верификации параметризованной модели  $\widehat{M} = \langle f_0^{(k)}, f_R^{(m+2k)}, f_1^{(m+k)}, f_2^{(m+k)}, \dots, f_n^{(m+k)} \rangle$  относительно темпоральной формулы  $\varphi$  и ограничения параметризации  $g$  проводится проверка общезначимости следующей формулы

$$f_{M,\varphi,g} = (g \wedge f_0 \rightarrow h_\varphi^M).$$

Непосредственно из леммы 1 вытекает

**Теорема 1.** Для любой конечной параметризованной модели Крипке  $\widehat{M}$ , CTL-формулы  $\varphi$  и ограничения параметризации  $g$  верно соотношение  $\widehat{M}, g \models \varphi \Leftrightarrow f_{M,\varphi,g} \equiv true$ .

Описанный здесь алгоритм верификации конечных параметризованных моделей может быть реализован на практике с привлечением пакетов построения и преобразования упорядоченных двоичных разрешающих диаграмм (OBDD) и процедур проверки выполнимости булевых формул (SAT-solvers).

**4. Сложность верификации конечных параметризованных моделей.** Как известно, проверку выполнимости CTL-формулы длины  $n$  в обыкновенной модели Крипке, имеющей  $m$  переходов, можно провести за время  $O(nm)$ . Однако для параметризованных моделей Крипке сложность задачи верификации значительно возрастает. Обнаружено, что это происходит даже в том случае, когда булевы формулы  $R(u, v)$  и  $L(u, a)$ , помечающие переходы между состояниями и оценку событий, не содержат логических связей, т.е. являются либо булевыми параметрами, либо булевыми константами. Конечную параметризованную модель Крипке  $\widehat{M} = (S, S_0, R, L)$  назовем простой моделью, если для любой пары состояний  $s', s''$  и для любого события  $a$  верны включения  $R(s', s'') \in P \cup \{0,1\}$  и  $L(s', a) \in P \cup \{0,1\}$ . Далее будет показано, что задача верификации простых конечных параметризованных моделей Крипке является вычислительно трудной. Для этого предложен следующий метод сведения проблемы невыполнимости конъюнктивных нормальных форм (КНФ) к задаче верификации простых параметризованных моделей.

Пусть задана произвольная 3-КНФ  $C$  над множеством переменных  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ . Введем вспомогательные булевы переменные  $x'_1, x'_2, \dots, x'_m$  и заменим в булевой формуле  $C$  все отрицательные литеры  $\neg x_i, 1 \leq i \leq m$ , соответствующими штрихованными переменными  $x'_i$ . В результате этой замены будет получена 3-КНФ

$$C' = (z_{11} \vee z_{12} \vee z_{13}) \wedge (z_{21} \vee z_{22} \vee z_{23}) \wedge \dots \wedge (z_{N1} \vee z_{N2} \vee z_{N3}),$$

в которой содержатся только положительные литеры. В качестве множества событий выберем множество  $A = \{a, b, c, d\}$  и рассмотрим простую конечную параметризованную модель Крипке  $\widehat{M}^C$ , изображенную на рисунке. В этой модели для упрощения записи все непомеченные стрелки соответствуют переходам с пометкой 1, а отсутствие стрелки, соединяющей пару различных состояний, соответствует переходу с пометкой 0. Кроме того, для соблюдения тотальности отношения переходов предполагается, что из каждого состояния модели исходит переход, ведущий в то же самое состояние. В каждом состоянии модели  $\widehat{M}^C$  истинными считаются те и только те события из множества  $A$ , которые приписаны состояниям модели (см. рис.).

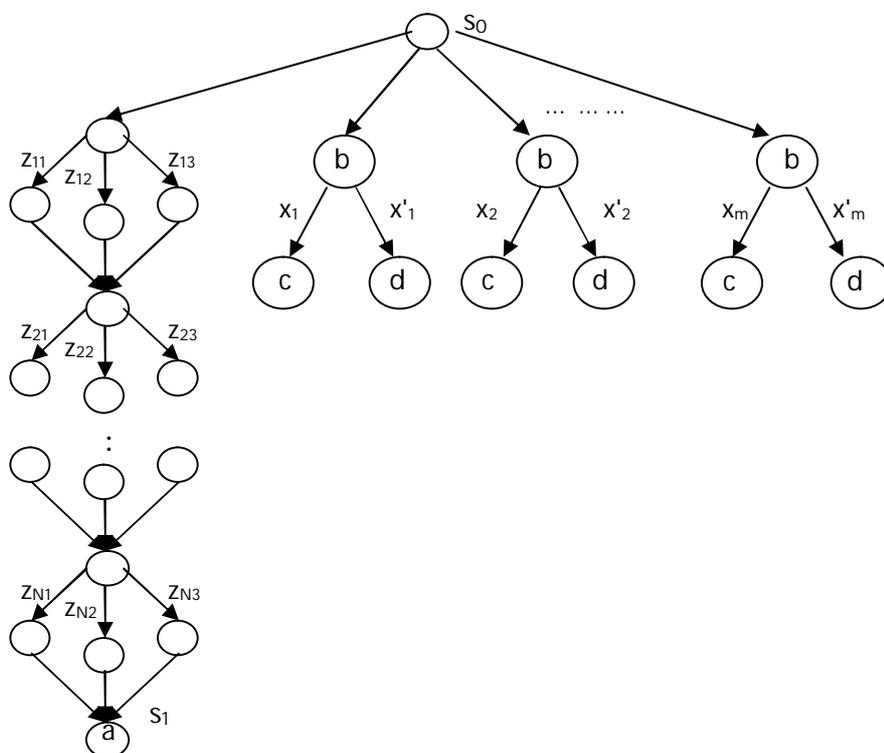


Рис. Модель Крипке  $\widehat{M}^C$ , соответствующая 3-КНФ  $C$

**Лемма 2.** Для любой 3-КНФ  $C$  справедливо соотношение

$$\widehat{M}^C, true \models \forall G(b \rightarrow (\exists Xc \oplus \exists Xd)) \rightarrow \forall G\neg a \Leftrightarrow C \text{ – выполнимая 3-КНФ.}$$

Здесь значки  $\rightarrow$  и  $\oplus$  обозначают логические связки импликации и исключающего ИЛИ.

**Доказательство.** Невыполнимость  $\widehat{M}^C, true \models \forall G(b \rightarrow (\exists Xc \oplus \exists Xd)) \rightarrow \forall G\neg a$  означает, что для некоторого набора  $\delta$  значений параметров  $x_1, \dots, x_m, x'_1, \dots, x'_m$  верны соотношения  $\widehat{M}^C[\delta], s_0 \models \forall G(b \rightarrow (\exists Xc \oplus \exists Xd))$  и  $\widehat{M}^C[\delta], s_0 \models \neg \forall G\neg a$ . Первое из них равносильно тому, что для каждой пары переменных  $x_i, x'_i, 1 \leq i \leq m$ , имеет место равенство  $x'_i[\delta] = \neg x_i[\delta]$ . Так как в STL формула  $\neg \forall G\neg a$  равносильна  $\exists Fa$ , второе из указанных соотношений означает, что в модели Крипке  $\widehat{M}^C[\delta]$  имеется вычисление, ведущее из состояния  $s_0$  в состояние  $s_1$ . Учитывая устройство  $\widehat{M}^C[\delta]$  последнее означает, что  $C[\delta] = true$ . Таким образом, указанные выше соотношения выполнимости равносильны тому, что  $C(x_1[\delta], x_2[\delta], \dots, x_m[\delta]) = true$ , т.е.  $C$  – выполнимая 3-КНФ.

Из леммы 2 вытекает следующая теорема, дающая оценку сложности задачи верификации конечных параметризованных моделей в логике STL.

**Теорема 2.** Проблема невыполнимости STL-формул в простых параметризованных моделях Крипке является NP-полной.

#### Литература

1. Кларк Э.М., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ (model checking). М.: МЦНМО, 2002. – 416 с.
2. Cimatti A., Clarke E., Giunchiglia F., Roveri M. nuSMV: a new symbolic model verifier. In Proceedings of CAV'99 (Computer Aided Verification), 1999, p. 495–499.
3. Holzmann G.J. The SPIN Model Checker: Primer and Reference Manual. Addison-Wesley, 2003, 608 p.



4. Apt K.R., Kozen D. Limits for automatic program verification of finite-state concurrent systems. *Information Processing Letters*, v. 22, N 6, 1986, p. 307–309.
5. Clarke E.M., Filkorn T., Jha S. Exploiting symmetry in temporal logic model checking. *Proceedings of CAV'93, Lecture Notes in Computer Science*, v. 697, 1993, p. 450–461.
6. Emerson E.A., Namjoshi K.S. Reasoning about rings. *Proceedings of the 22th ACM Conference POPL'95 (Principles of Programming Languages)*, 1995, p.85–94.
7. Emerson E.A., Sistla A.P. Symmetry and model checking. *Formal Methods in System Design*, v. 9, N 1/2, 1996, p.105–131.
8. Donaldson A.F. Miller A. Automatic symmetry detection for model checking using computational group theory. *Proceedings of the 13th International Symposium on Formal Methods Europe (FME 2005)*, *Lecture Notes in Computer Science*, v. 3582, 2005, p. 481–496.
9. Коннов И.В., Захаров В.А.. Об одном подходе к верификации симметрических параметризованных распределенных систем // Программирование. – 2005 -№ 5.
10. Clarke E.M., Grumberg, O., and Jha, S. Verifying parameterized networks using abstraction and regular languages. *Proceedings of the 6-th International Conference on Concurrency Theory*, 1995.
11. Dams D., Grumberg O., Gerth R. Abstract interpretation of reactive systems: abstractions preserving ACTL\*, ECTL\* and CTL\*. *IFIP Working Conference and Programming Concepts, Methods and Calculi*, 1994.
12. Kesten Y., Pnueli A. Verification by finitary abstraction. *Information and Computation*, v. 163, 2000, p.203–243.
13. Kurshan R.P., MacMillan K.L. Structural induction theorem for processes. *Proceedings of the 8-th International Symposium on Principles of Distributed Computing, PODC'89*, 1989, p. 239–247.
14. Wolper P., Lovinfosse. Properties of large sets of processes with network invariants. *Lecture Notes in Computer Science*, 407, 1989, p. 68–80.
15. Calder M., Miller A. Five ways to use induction and symmetry in the verification of networks of processes by model-checking. *Proceedings of AvoCS 2002 (Automated Verification of Critical Systems)*, 2002, p. 29–42.
16. Редькин Н.П. Надежность и диагностика схем / М.: Изд-во МГУ, 1992.
17. Godefroid P., Bruns G. Generalized model checking: reasoning about partial state spaces. In *Proc. of CONCUR 2000*, p. 168–182.

## ON THE VERIFICATION OF FINITE STATE PARAMETERIZED MODELS OF DISTRIBUTED PROGRAMS

P.E. BULYCHEV  
V.A. ZAKHAROV

*Lomonosov  
Moscow State  
University*

*e-mail: zakh@cs.msu.su*

In this paper the authors introduced and studied a new class of parameterized models for distributed programs. These models are finite state transition systems that involve Boolean variables as parameters. Boolean parameterization makes it possible to specify succinctly finite families of communicating processes whose behavior is synchronized in some aspects. We introduced also a symbolic model checking algorithm for verification of finite state parameterized models of distributed programs against CTL specifications. The complexity of verification problem is also estimated.

Keywords: program, transition system, specification, temporal logic, verification, Boolean function, OBDD, NP-complete problem.

## ОБРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

**А.Ю. Лихошерстный**

Белгородский  
государственный  
университет

e-mail:  
ozzy.osbourne.man@gmail.com

В работе изложен новый метод фильтрации аэрокосмических изображений на основе частотных представлений и представлены результаты экспериментальных исследований эффективности разработанных алгоритмов.

Ключевые слова: изображение, импульсный шум, фильтрация, частотные представления.

Большинство знаний о мире получается из эмпирических данных. Значительная часть задач обработки информации и анализа данных связана с изображениями. Примерами могут служить обработка и анализ данных дистанционного зондирования Земли со спутников, объемные изображения объектов, полученные с помощью голографических устройств, результаты применения методов неразрушающих исследований и контроля в промышленности, разработка “органов зрения” роботов и современных медицинских систем диагностики (рентгенография, машинная томография, эндоскопия и т.д.). При получении космических снимков (данных дистанционного зондирования Земли) часто встречаются изображения, искаженные помехами, появляющимся на этапах формирования или передачи. Причинами возникновения шума на изображении могут быть сбои в работе канала связи, несовершенством аппаратуры и др. В конечном результате это приводит к ухудшению качества визуального восприятия и снижению достоверности решений, которые будут приниматься на основе анализа таких изображений. Для успешного решения задач поиска и идентификации объектов, определения различного рода их количественных характеристик необходимо, чтобы первичные изображения характеризовались высоким визуальным качеством, которое теряется из-за неудовлетворительных условий получения изображений, несовершенства систем передачи видеoinформации и ее отображения [2] и т.п.

Ослабление действия помех достигается фильтрацией [2]. Под *фильтрацией изображений* понимают операцию, имеющую своим результатом изображение того же размера, полученное из исходного по некоторым правилам [1].

Основными видами помех являются импульсный шум и полосы:



Рис.1. Помехи на космических снимках вида импульсный шум (слева) и полосы(справа)

*Импульсные помехи* представляют собой значительные по величине одиночные изолированные выбросы (изолированные контрастные точки) [6]. *Полосы* проявляются в виде квазипериодических изменений интенсивности пикселей только вдоль одной оси координат.

Современные интерактивные программные средства ScanViewer и ENVI вместе с тем не позволяют эффективно устранять помехи вида импульсный шум и полосы и при фильтрации существенно искажают само изображение. Поэтому задача разработки алгоритмов фильтрации указанных помех является актуальной.

*Целью работы* является изложение предлагаемого метода фильтрации космических изображений на основе частотных представлений и результатов экспериментальных исследований, демонстрирующих эффективность разработанных алгоритмов.

*Изображение* можно определить как двумерную функцию  $f_{ik}$ , где  $i=1,2,\dots,M$  и  $k=1,2,\dots,N$  – координаты в пространстве (конкретно, на плоскости), и значение  $f$  которой в любой точке, задаваемой парой координат  $(i,k)$ , называется *интенсивностью* изображения в этой точке [1].

**Частотным представлением** функции  $f_{ik}$  называется следующее выражение [4]:

$$f_{ik} = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F(u, v) e^{ju(i-1)} e^{jv(k-1)} dudv. \quad (1)$$

Здесь  $e^{ju(i-1)}$  и  $e^{jv(k-1)}$  – базисные функции (функции представляются в базисе Фурье), аргументы  $u$  и  $v$  – *круговые частоты*, отражающие периодичность (цикличность) изменений исходной функции  $f_{ik}$  с изменением аргументов  $i$  и  $k$ .

В качестве весовой функции  $F(u, v)$  можно использовать трансформанту Фурье:

$$F(u, v) = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N f_{ik} e^{-ju(i-1)} e^{-jv(k-1)}. \quad (2)$$

На основе равенства Парсеваля энергию изображения можно представить в виде суммы:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^N f_{ik}^2 = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |F(u, v)|^2 dudv = \sum_{r=1}^{R_x} \sum_{m=1}^{R_y} P_{\Omega_{r,m}}. \quad (3)$$

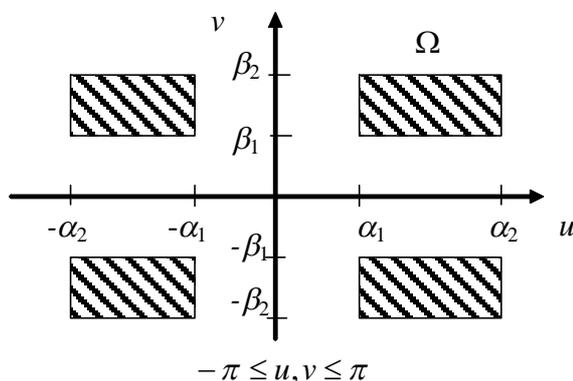
где значение доли энергии  $P_{\Omega_{r,m}}$  двумерного сигнала  $f_{ik}$  в двумерной частотной области  $\Omega_{ik}$ :

$$P_{\Omega_{r,m}} = \frac{1}{4\pi^2} \iint_{(u,v) \in \Omega_{ik}} |F(u, v)|^2 dudv \quad (4)$$

В качестве области  $\Omega_{ik}$  рассматривается следующая центрально-симметричная область частотной плоскости [4]:

$$\Omega_{ik} : \{ \Omega_{ik}(u, v) \mid (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [\beta_1, \beta_2]) \cup (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [\beta_1, \beta_2]) \}, \quad (5)$$

где  $0 \leq \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2 \leq \pi$



Если в правую часть представления (4) подставить определение (2), то после преобразований можно получить соотношение [4]:

$$P_{\Omega ik} = \text{trac} (A^T \cdot \Phi \cdot B \cdot \Phi^T) \quad (6)$$

где элементы матриц  $A=(a_{i_1 i_2})$  и  $B=(b_{k_1 k_2})$  вычисляются следующим образом:

$$a_{i_1 i_2} = \begin{cases} \frac{\text{Sin}(\alpha_2(i_1 - i_2)) - \text{Sin}(\alpha_1(i_1 - i_2))}{\pi(i_1 - i_2)}, & i_1 \neq i_2, \\ \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\pi}, & i_1 = i_2, \end{cases}$$

$$b_{k_1 k_2} = \begin{cases} \frac{\text{Sin}(\beta_2(k_1 - k_2)) - \text{Sin}(\beta_1(k_1 - k_2))}{\pi(k_1 - k_2)}, & k_1 \neq k_2, \\ \frac{\beta_2 - \beta_1}{\pi}, & k_1 = k_2. \end{cases} \quad (7)$$

Здесь  $\Phi$  – исходное изображение,  $\text{trac}$  – след матрицы.

Возможность проведения анализа изображений на основе частотных представлений определяется тем, что в графических данных, зачастую, наблюдается квазипериодичность отображаемых процессов. На изображении могут присутствовать повторяющиеся объекты, которые задают некоторую периодичность изменения яркости изображения.

Предлагаемый метод фильтрации состоит в следующем:

На первом шаге производится обработка изображения с помощью порогового метода. Необходимость проведения этого шага обусловлена тем, что часть импульсного шума расположена в тех же частотных подобластях, что и само “чистое” изображение. Это особенно сильно проявляется, когда интенсивность пикселей помех отличается от интенсивности пикселей “чистого” изображения на большую величину. Пороговая функция помогает сгладить эту разницу интенсивностей, что даёт возможность эффективного использования частотного фильтра.

Введём следующую пороговую функцию:

$$f_{ik}^* = \begin{cases} f_{ik}, & \text{при } \frac{|\sigma - f_{ik}|}{\sigma} < \rho \\ \sigma, & \text{при } \frac{|\sigma - f_{ik}|}{\sigma} \geq \rho \end{cases}, \quad (8)$$

где  $f_{ik}$  – значение интенсивности в текущей точке,  $f_{ik}^*$  – новое значение интенсивности текущего пикселя,  $\rho$  – порог,  $\sigma$  – среднее значение интенсивности соседних пикселей:

$$\sigma = \frac{(f_{(i+1)(k-1)} + f_{i(k-1)} + f_{(i-1)(k-1)} + f_{(i-1)k} + f_{(i-1)(k+1)} + f_{i(k+1)} + f_{(i+1)(k+1)} + f_{(i+1)k})}{8}.$$

Порог  $\rho$  задаётся интерактивно.

На втором шаге используется фильтр, который был взят из работы [5]. Выражение для нахождения результата фильтрации  $\Phi^*$  изображения  $\Phi$  в частотной области  $\Omega$  выглядит следующим образом:

$$\Phi^*_{\Omega} = A^T \Phi B, \quad (9)$$

где элементы матриц  $A$  и  $B$  вычисляются по формуле (7).

Недостатком такого решения является трудоемкость вычислений. Для того чтобы сократить вычисления прорабатываются следующие процедуры, взятые из работы [3] (прорабатывается то же самое для изображения, т.е. для двумерного случая):

1. Вычисляются собственные числа и собственные вектора матриц  $A$  и  $B$  ( $\vec{q}_i^A = (q_{1i}^A, q_{2i}^A, \dots, q_{Mi}^A)$ ,  $i = 1, 2, \dots, M$ ,  $\vec{q}_j^B = (q_{1j}^B, q_{2j}^B, \dots, q_{Nj}^B)$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$ ).
2. После чего находятся матрицы  $QA$  и  $QB$ , столбцами которых являются собственные векторы субполосных матриц:

$$Q_A = (\vec{q}_{A1}, \vec{q}_{A2}, \dots, \vec{q}_{AM}), Q_B = (\vec{q}_{B1}, \vec{q}_{B2}, \dots, \vec{q}_{BN}).$$

3. Из собственных чисел составляются квадратные диагональные матрицы:

$$L_A = \text{diag}(\lambda_{A1}, \lambda_{A2}, \dots, \lambda_{AM}), L_B = \text{diag}(\lambda_{B1}, \lambda_{B2}, \dots, \lambda_{BN}).$$

4. Значения собственных чисел упорядочиваем по убыванию:

$$\lambda_{A1} \geq \lambda_{A2} \geq \dots \geq \lambda_{AM}, \quad \lambda_{B1} \geq \lambda_{B2} \geq \dots \geq \lambda_{BN}.$$

Соответственно меняется и порядок собственных векторов.

5. Находятся минимальные индексы собственных чисел матриц А и В:

$$J_a = 2 \left\lceil \frac{M}{2R_a} \right\rceil + 2, \quad J_b = 2 \left\lceil \frac{N}{2R_b} \right\rceil + 2,$$

где операция [выражение] означает операцию взятия целой части «выражения», а величины  $R_a$  и  $R_b$  находятся из следующих соотношений:

$$R_a = \frac{\pi}{\alpha_2 - \alpha_1}, \quad R_b = \frac{\pi}{\beta_2 - \beta_1}.$$

6. Игнорируются собственные числа, значение которых меньше заданного порога.

7. Фильтрация производится при помощи следующего выражения:

$$\Phi^*_{\Omega} = Q_A L_A Q_A^T \Phi Q_B L_B Q_B^T, \tag{10}$$

где  $\Omega$  – двумерная частотная область (субинтервал), в которой осуществляется фильтрация.  $\Omega$  разбивается на равные элементарные прямоугольные подобласти – частотные интервалы  $\Omega(r1, r2)$ ,  $r1=1, 2, \dots, Ra$ ,  $r2=1, 2, \dots, Rb$ .

Уменьшение трудоёмкости вычислений достигается игнорированием собственных чисел, значения которых меньше некоторого заданного порога. Таким образом, существенно сокращается количество итераций при программной реализации.

Исследования показали, что оставшиеся импульсные шумы и полосы расположены в области высоких частот. Для подавления высоких частот составляется матрица частотных интервалов  $S$  размерностью  $Ra \times Rb$ , элементы которой равны либо нулю (что соответствует подавлению соответствующих частот), либо единице (рис.2).

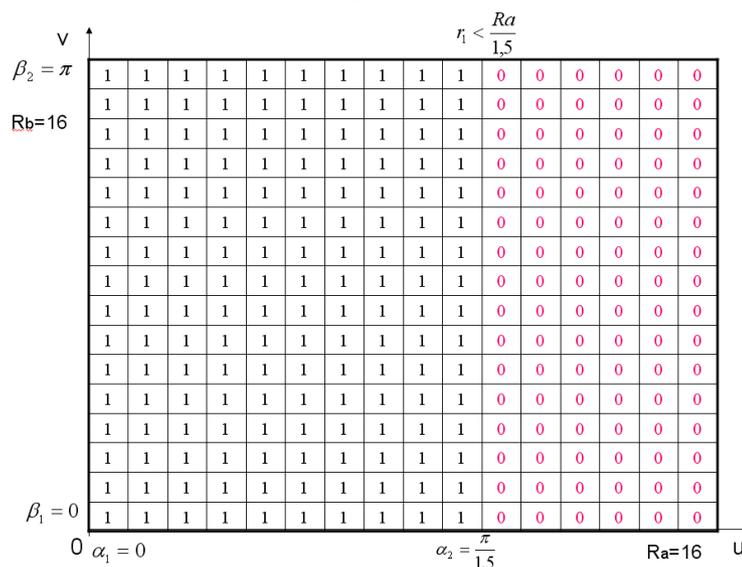


Рис.2. Подавление высоких частот с помощью матрицы частотных интервалов

Восстановление исходного изображения осуществляется по следующей формуле:

$$\tilde{\Phi} = \sum_{i=1}^{R_a} \sum_{k=1}^{R_b} \Phi^*_{\Omega ik}. \tag{11}$$

Были проведены предварительные исследования и произведено сравнение с существующими современными программными средствами, которое показало, что

предлагаемый алгоритм фильтрации меньше всего искажает “чистое” изображение (без помех). Была произведена фильтрация следующего изображения (рис.3).

Как видно из рисунков, ScanViewer с этой задачей не справился. Многие точки импульсного шума были объединены в более крупные объекты. Программа ENVI устранила почти все инородные пиксели. Но при этом изменилась интенсивность всего изображения (повысилась контрастность), а границы объектов были сильно размыты.

Относительная среднеквадратическая погрешность фильтров представлена в таблице 1 и вычислялась следующим образом:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (f_{ik} - f^*_{ik})^2}{\sum f_{ik}^2}}, \quad (12)$$

где  $f$  – исходное изображение;  $f^*$  – отфильтрованное изображение.



а) Исходное изображение импульсным шумом



б) Результат фильтрации с помощью программы ScanViewer



в) Результат фильтрации с помощью программы ENVI



г) Результат фильтрации предлагаемым методом

Рис.3. Устранение импульсного шума программой ScanViewer, программой ENVI и предлагаемым методом

Таблица 1

**Относительная среднеквадратическая погрешность**

Способ фильтрации	Отн. сред. погрешность
Оптимальный фильтр	0,004241
ScanViewer	0,004323
ENVI	0,01734

Погрешность была рассчитана на той области изображения, где отсутствовали помехи. То есть, оценивалось, насколько фильтры искажают "чистый" снимок. Предлагаемый фильтр показал наилучшие результаты как в плане улучшения визуального представления снимка, так и в плане возможности проведения дальнейшего анализа изображения.

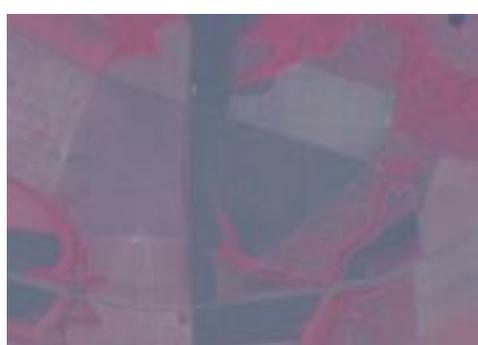
Также оценивалось, насколько искажается информация в зашумленной области изображения при применении предлагаемого фильтра. Для этого в чистой части изображения были искусственно созданы импульсный шум и полосы (рис. 4). Относительная среднеквадратическая погрешность зашумленного изображения составила:

$$h = \sqrt{\frac{\sum (f_{ik} - f_{ik}^*)^2}{\sum f_{ik}^2}} = 0,038567.$$

Относительная среднеквадратическая погрешность улучшенного изображения:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (f_{ik} - f_{ik}^*)^2}{\sum f_{ik}^2}} = 0,0031895.$$

Соотношение сигнал/шум оказалось равным:  $h / \delta = 12,1$ .



а) Исходное изображение



б) Зашумленное изображение



в) Улучшенное изображение предлагаемым методом

Рис. 4. Оценка искажения информации в зашумленной области при фильтрации предлагаемым методом

То есть, при устранении помех вида импульсный шум и полосы изображение улучшилось в 12,1 раза.

Разработанный алгоритм позволяет получить мощный инструмент фильтрации изображений, который способен устранять шумы, подавляя те области частот, в которых расположены помехи. Он является оптимальным в том смысле, что спектр получаемого в результате фильтрации изображения имеет наименьшее среднеквадратическое отклонение от спектра фильтруемого изображения в заданном двумерном частотном интервале, а вне этого интервала имеет наименьшее отклонение от нуля. Таким образом, новый метод позволяет улучшать космические изображения с малой погрешностью, что даёт возможность проводить дальнейший их анализ.



### Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
2. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Учебное пособие. – Новосибирск, 2000. – 166 с.
3. Жилияков, Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным на основе частотных представлений. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160 с.
4. Жилияков, Е.Г. Метод определения точных значений долей энергии изображений в заданных частотных интервалах / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, И.В. Лысенко // Вопросы радиоэлектроники. – Сер. РЛТ, 2007. – Вып. 4. – С. 115-123.
5. Жилияков Е.Г. Оптимальная фильтрация изображений на основе частотных представлений / Е. Г. Жилияков, А.А. Черноморец // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2008. – Вып.1. – С.118-132.
6. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. – М.: Сов. радио, 1979. – 312 с.

## PROCESSING OF SPACE IMAGES ON THE BASIS OF FREQUENCY REPRESENTATIONS

A.U. Likhosherstnyy

*Belgorod state university*

*e-mail:*

*ozzy.osbourne.man@gmail.com*

In work the new method of a filtration of space images is stated on the basis of frequency representations and results of experimental researches of efficiency of the developed algorithms are submitted.

Key words: the image, pulse noise, a filtration, frequency representations.

## СРАВНЕНИЕ БАЗИСНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ

**С.В. ТУЯКОВ**

Белгородский  
государственный  
университет

В работе проводится сравнительный анализ локализации энергии в частотной области некоторых вейвлетов и собственных векторов.

Ключевые слова: частотные представления, вейвлеты, собственные векторы, локализация энергии.

### Постановка задачи

В вычислительной математике нередки случаи, когда одну функцию приходится представлять другой, более простой и удобной для дальнейшей работы. Такую задачу называют аппроксимацией функций [1]. Математическая теория аппроксимации предлагает выбирать базис, который с помощью линейной комбинации небольшого числа векторов из этого базиса дает возможность построить достаточно точную аппроксимацию функции. Эти выбранные векторы могут быть интерпретированы как существенные для структуры функции. Коэффициенты разложения функции по базису образуют представление, которое выделяет некоторые определенные свойства функции [2].

В линейной аппроксимации функция  $f(t)$  проецируется на  $M$  функций, априори выбранных из ортонормированного базиса  $B = \{\varphi_k(t)\}_{k \in N}$  [2], например:

$$f_M(t) = \sum_{k=1}^M \alpha_k \varphi_k(t),$$

где  $\alpha_k = \langle f(t), \varphi_k(t) \rangle$ .

Так как базис ортонормированный, то погрешность аппроксимации равна:

$$\|f(t) - f_M(t)\|^2 = \sum_{k=M+1}^{+\infty} |\alpha_k|^2.$$

Во многих важных приложениях для представления функций используется базис Фурье. При этом базис Фурье образован функцией  $e^{jt} = \cos(t) + j \sin(t)$  ( $j = \sqrt{-1}$ ) с помощью масштабных преобразований.

В последние десятилетия для разложения функций успешно используются вейвлеты. Можно построить вейвлеты  $\psi(t)$  такие [2], что семейство растянутых и сдвинутых функций

$$\left\{ \psi_{i,k}(t) = \frac{1}{\sqrt{2^i}} \psi\left(\frac{t - 2^i k}{2^i}\right) \right\}_{(i,k) \in \mathbb{Z}^2}$$

будет ортонормированным базисом в  $L^2(\mathbb{R})$  и любая функция  $f(t) \in L^2(\mathbb{R})$  может быть представлена как

$$f(t) = \sum_{i,k=-\infty}^{\infty} \alpha_{i,k} \psi_{i,k}(t),$$

где  $\alpha_{i,k} = \langle f(t), \psi_{i,k}(t) \rangle$ .

Простейшим примером вейвлета, образующего ортонормированный базис, является вейвлет Хаара:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < 1/2, \\ -1, & 1/2 \leq t < 1, \\ 0, & t < 0, t \geq 1. \end{cases}$$

Наряду с данным вейвлетом широко используются ортогональные вейвлеты Добеши. Также имеются вейвлеты, не порождающие ортонормированные базисы: вейвлет Морле, вейвлеты Гаусса и др.

Вейвлет базисы в отличие от базиса Фурье используют локализованную базисную функцию. Вейвлет должен быть локализован и во временной области, и в частотной. В данной работе нас будет интересовать локализация вейвлетов в частотной области. Под этим понимается, что энергия вейвлета в основном сосредоточена в некотором частотном интервале.

Пусть  $f(t)$  – некоторая функция с областью определения  $t \in [a; b]$ . При выполнении определенных условий [3] справедливо представление

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad j = \sqrt{-1} \quad (1)$$

и существует обратное к (1) преобразование

$$F(\omega) = \int_a^b f(t) e^{-j\omega t} dt. \quad (2)$$

Функцию  $F(\omega)$  принято называть трансформантой Фурье, переменная  $\omega$  имеет смысл частоты. Поэтому переход от  $f(t)$  к  $F(\omega)$  часто называют переходом из пространственной области в частотную.

В содержательном отношении преобразования (1) и (2) можно придать разный смысл, который и определяет роль частотных представлений в задачах анализа и синтеза функций [4]. Для функций  $f(t)$  и  $F(\omega)$  справедливо равенство Парсеваля [3]

$$\int_a^b f^2(t) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi, \quad (3)$$

которое нетрудно преобразовать к виду

$$\int_a^b f^2(t) dt = \sum_{r=0}^{\infty} \int_{\omega \in D_r} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi, \quad (4)$$

где интервалы  $D_k$  определяют разбиение оси частот вида

$$D_r = [-\Omega_{r+1}, -\Omega_r) \cup [\Omega_r, \Omega_{r+1}), \Omega_0 = 0. \quad (5)$$

Таким образом, оказывается возможным осуществить частотный анализ энергетических характеристик исследуемой функции, так как интегралы

$$P_r = \int_{\omega \in D_r} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi \quad (6)$$

определяют доли энергии, попадающие в выбранные частотные интервалы, в частности, можно выделить частотные интервалы, в которых сосредоточена подавляющая доля энергии.

С учетом формулы (6) локализацию вейвлета в частотной области можно записать следующим образом

$$\int_{\omega \in D_r} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi = \max, \quad (7)$$

при дополнительном условии  $\|\psi(t)\|^2 = 1$ .

В монографии [4] приводится метод вычисления точных долей энергии отрезка эмпирических данных в выбранных частотных интервалах. Особенностью приведенного метода является то, что все вычисления производятся во временной области, без явного перехода в частотную область. В основе метода лежит применение матриц. В монографии дается обоснование именовать данные матрицы субполосными.

Пусть дан сигнал  $\vec{f} = (f_1, f_2, \dots, f_N)^T$  с  $\|\vec{f}\| = 1$  ( $T$  – знак транспонирования). Тогда вычисление доли энергии сигнала в заданном частотном диапазоне осуществляется по следующей формуле (8) [4]:

$$P_r = \vec{f}^T A_N^r \vec{f}, \quad (8)$$

где  $A_N^r = \{a_{i,k}^r\}$  с элементами вида (9):

$$a_{ik}^r = \begin{cases} \frac{\sin[r \frac{\pi}{R} (i-k)] - \sin[(r-1) \frac{\pi}{R} (i-k)]}{\pi(i-k)}, & i \neq k, \\ 1/R, & i = k \end{cases}, \quad (9)$$

где  $i, k = 1, \dots, N, r = 1, \dots, R$ .

Для расчетов используется нормированная область частот  $\omega \in [0 : \pi]$ . Частотная область  $[0; \pi]$  разбивается на  $R$  одинаковых частотных интервалов.  $A_N^r$  – субполосная матрица.

Субполосные матрицы являются симметричными и неотрицательно определенными. Поэтому каждая матрица обладает полной системой ортонормальных собственных векторов, соответствующих неотрицательным собственным числам. Имеет смысл трактовать такую систему векторов базисом.

Насколько вейвлеты удовлетворяют условию (7)? Решим следующую задачу.

Задача. Найти вектор  $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)^T$ ,  $\|\vec{x}\|^2 = 1$ , который удовлетворяет следующему условию

$$\int_{\omega \in V_r} |X_d(\omega)|^2 d\omega / 2\pi = \max, \quad (10)$$

$$X_d(\omega) = \sum_{k=1}^N x_k e^{-j\omega(k-1)} \quad (-\pi \leq \omega \leq \pi),$$

$$V_r = [-v_{r+1}, -v_r) \cup [v_r, v_{r+1}), v_0 = 0,$$

$$0 < v_{r+1} \leq \pi.$$

Используя метод точного вычисления доли энергии вектора, функционал (10) можно записать следующим образом:

$$\vec{x}^T A_N^r \vec{x} = \sum_{i,k=1}^N a_{i,k} x_i x_k = \max. \quad (11)$$

Необходимо найти частные производные. Учитывая, что  $\|\vec{x}\|^2 = 1$ , т.е. это является максимумом, поэтому находим частные производные следующим образом и приравниваем их к нулю:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \sum_{i,k=1}^N a_{i,k} x_i x_k - \lambda \sum_{i=1}^N x_i^2 \right) = 0. \quad (12)$$

В итоге получим систему линейных уравнений с числом уравнений, равным числу переменных и равным  $N$ . Данную систему легко переписать в матричном виде

$$A_N^r \vec{x} = \lambda \vec{x}. \quad (13)$$

Последняя формула определяет собственный вектор субполосной матрицы.

Ответ: искомым вектором  $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)^T$  является собственный вектор субполосной матрицы  $A_N^r$ , соответствующий ее максимальному собственному числу.

Следует отметить важное свойство собственных чисел субполосной матрицы. Это свойство заключается в том, что собственные числа численно равны сосредоточенным в выбранных частотных интервалах долям энергий соответствующих собственных векторов [4].

### Локализация энергии вейвлетов и собственных векторов в частотной области

Оценим локализацию энергии вейвлетов и собственных векторов в частотной области. Для этого найдем границы частотного интервала, в котором сосредоточено подавляющая доля энергии (например, больше 0,99).

Для краткости будем обозначать субполосную матрицу следующим образом  $A_N^r R$ , где  $R$  – количество частотных интервалов,  $N$  – размерность матрицы, а  $r$  – номер частотного интервала. Собственные векторы субполосной матрицы будем обозначать  $q_k^r$ , где  $r$  – номер частотного интервала,  $k$  – номер собственного вектора. Будем исследовать собственные векторы субполосных матриц  $A_N^r R$ , при  $N = 26$ ,  $R = 4$ , соответствующих максимальным собственным числам и по виду, «близких» рассматриваемым вейвлетам. В примерах с 1-ого по 6-ой для дискретного случая вейвлеты и собственные векторы строятся по 26 точкам. Полученный в результате дискретизации вейвлета вектор нормируем.

Пример 1. Вейвлет Морле. Вейвлет имеет аналитическое выражение  $\psi(x) = e^{-\frac{x^2}{2}} \cos(5x)$ . Эффективный носитель вейвлета Морле есть промежуток  $[-4; 4]$ . Преобразование Фурье имеет компактный носитель (промежуток  $[-9; 9]$ ), поэтому (по условию Найквиста) шаг эквидистантной дискретизации  $\Delta t$  должен удовлетворять условию:  $\Delta t \leq \frac{\pi}{\Omega} = \frac{\pi}{9}$ .

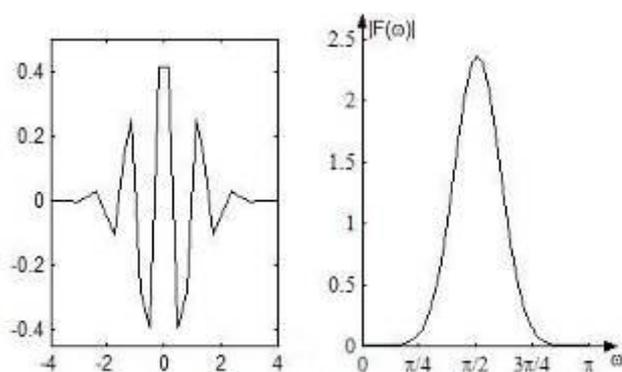


Рис. 1. Вейвлет Морле ( $\Delta t = 0,32$ ) (слева), модуль его трансформанты Фурье (справа)

Пример 2. Собственный вектор субполосной матрицы  $A_{26}^2 R = 4$ .

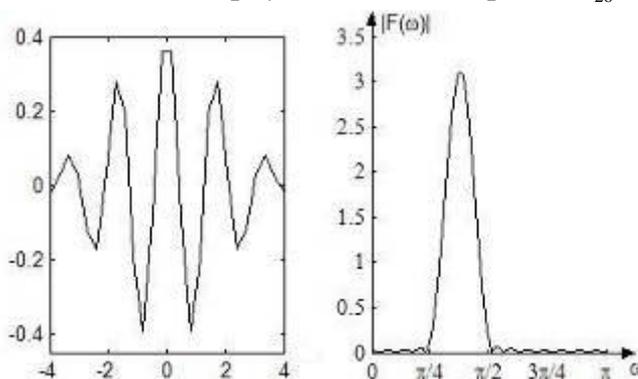


Рис. 2. Собственный вектор  $q_{25}^2$  (слева), модуль его трансформанты Фурье (справа)

Пример 3. Вейвлет «мексиканская шляпа». Вейвлет функция  $\psi(x) = \frac{2}{\sqrt{3\pi}^{1/4}} e^{-\frac{x^2}{2}} (1-x^2)$ . Данный вейвлет имеет эффективный носитель  $[-5;5]$ . Преобразование Фурье данного вейвлета имеет компактный носитель  $[-\pi; \pi]$ , поэтому шаг эквидистантной дискретизации должен удовлетворять условию:  $\Delta t \leq \frac{\pi}{\Omega} = \frac{\pi}{5}$ .

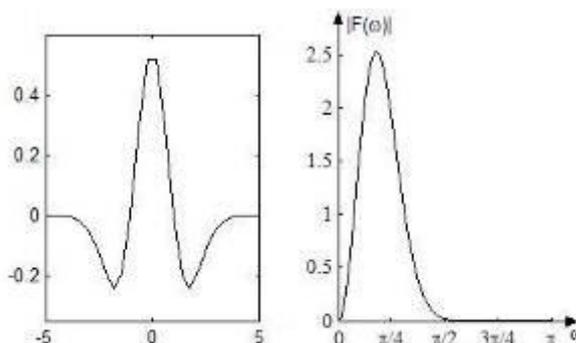


Рис. 3. Вейвлет «мексиканская шляпа» ( $\Delta t = 0,4$ ) (слева), модуль его трансформанты Фурье (справа)

Пример 4. Собственный вектор субполосной матрицы  $A_{26}^1$   $R = 4$ .

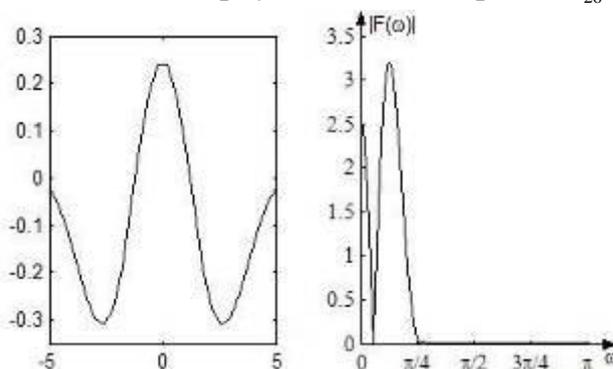


Рис. 4. Собственный вектор  $q_{24}^1$  (слева), модуль его трансформанты Фурье (справа)

Пример 5. Вейвлет Гаусса 1-го порядка. Вейвлет функция  $\psi(x) = -2kxe^{-x^2}$ , где  $k$  выбирается такой, чтобы  $L_2$  – норма функции  $\psi(x)$  равнялась 1. В данном случае  $k \approx 0,8933$ . Вейвлет имеет эффективный носитель  $[-5;5]$ . Преобразование Фурье данного вейвлета имеет компактный носитель  $[-\pi; \pi]$ , поэтому шаг эквидистантной дискретизации должен удовлетворять условию:  $\Delta t \leq \frac{\pi}{\Omega} = \frac{\pi}{7}$ .

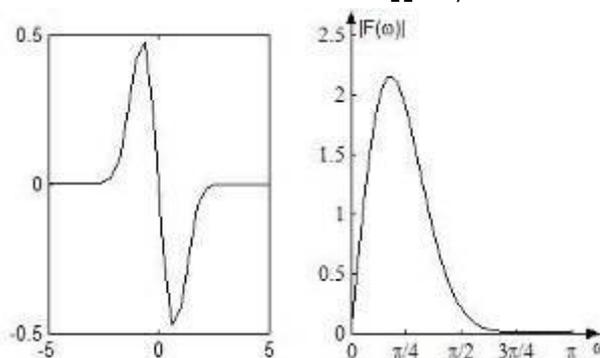


Рис. 5. Вейвлет Гаусса ( $\Delta t = 0,4$ ) (слева), модуль его трансформанты Фурье (справа)

Пример 6. Собственный вектор субполосной матрицы  $A_{26}^1$   $R = 4$ .

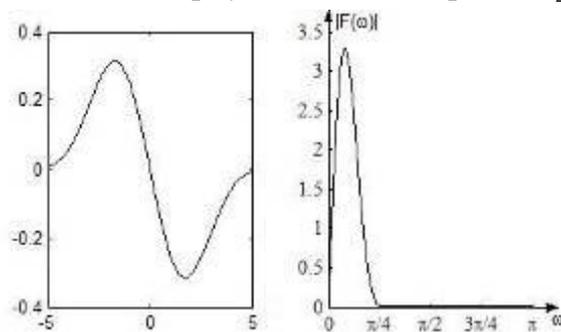


Рис. 6. Собственный вектор  $(-q_{25}^1)$  (слева), модуль его трансформанты Фурье (справа)

Пример 7. Вейвлет Добеши 2-го порядка. Вейвлеты Добеши не имеют аналитического выражения. Носитель вейвлета –  $[0;3]$ . Функция  $\psi(x)$  строится итерационно с необходимой точностью.

#### Алгоритм построения функции $\psi(x)$

1. Выписать коэффициенты масштабирующего фильтра:  
 $L = [0.3415, 0.5915, 0.1585, -0.0915]$
2. Найти к фильтру  $L$  квадратурный зеркальный фильтр, взятый в обратном порядке:  
 $H = [-0.0915, -0.1585, 0.5915, -0.3415]$ .
3. Подвергнуть фильтр  $H$  сгущающей выборке  $H1 = H \uparrow 2$ .
4. Провести свертку  $H1 * L$ . На выходе получим первое приближение к вейвлету.

Для получения второго приближения необходимо провести сгущающую выборку к первому приближению и свертку с фильтром  $L$  и т.д.

Построим вейвлет по указанному алгоритму, совершив 6 итераций (6 приближений) и полученный вектор нормируем. В результате вектор будет содержать 382 отсчета.

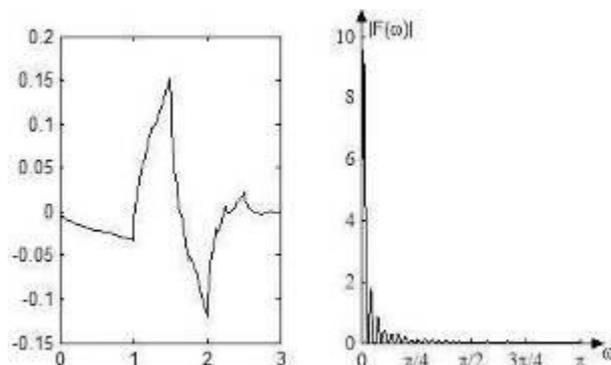


Рис. 7 Вейвлет Добеши-2 (слева), модуль его трансформанты Фурье (справа)

Пример 8. Собственный вектор субполосной матрицы  $A_{382}^1$   $R = 20$ .

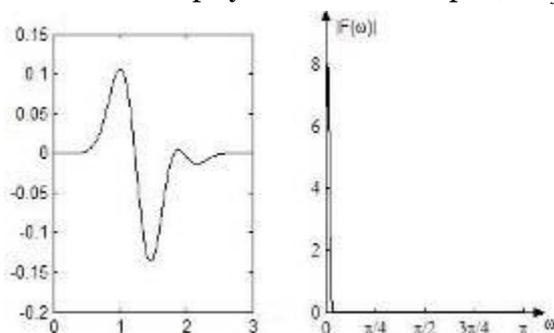


Рис. 8 Собственный вектор  $q_{378}^1$  (слева), модуль его трансформанты Фурье (справа)

Теперь проведем расчеты долей энергии вейвлетов и собственных векторов, используя формулу (8). Результаты отображены в таблице.

Таблица

**Доли энергии вейвлетов, собственных векторов и их оценки**

	Доля энергии	Границы частотного интервала
Вейвлет Морле	0,9996	$\pi/4 \div 3\pi/4$
Собственный вектор $q_{25}^2 (A_{26}^2 R = 4)$	0,9994	$\pi/4 \div \pi/2$
Вейвлет «мексиканская шляпа»	0,9999	$0 \div \pi/2$
Собственный вектор $q_{24}^1 (A_{26}^1 R = 4)$	0,9999	$0 \div \pi/4$
Вейвлет Гаусса 1-го порядка	0,9985	$0 \div \pi/2$
Собственный вектор $(-q_{25}^1) A_{26}^1 R = 4$	0,9999	$0 \div \pi/4$
Вейвлет Добеши 2	0,9992	$0 \div \pi/4$
Собственный вектор $q_{378}^1 (A_{382}^1 R = 20)$	1	$0 \div \pi/20$

Последний столбец таблицы 1 показывает локализацию энергии вейвлетов и собственных векторов.

**Литература**

1. Лапчик М.П. Численные методы: Учеб. пособие для студ. вузов [Текст] /М.П. Лапчик, М.И. Рагулина, Е.К. Хеннер; Под ред. М.П. Лапчика. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 384 с.
2. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов [Текст] : Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с., ил.
3. Хургин Я.И., Яковлев В.П. Финитные функции в физике и технике.– М.: Наука, 1971.
4. Е.Г. Жилияков. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: монография. Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160 с.

**COMPARISON OF BASIS VECTORS FOR REPRESENTATION OF FUNCTIONS**

S.V. TUYAKOV

*Belgorod State University*

In work the comparative analysis of localization of energy in frequency area of some wavelets and eigenvectors is carried out.

Key words: frequency representations, wavelets, eigenvectors, localization of power.

## МОБИЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГИСТРАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

**М.А.Колесников**<sup>1)</sup>  
**О.Н.Кривошеев**<sup>2)</sup>  
**С.М. Чудинов**<sup>1)</sup>  
**А.П.Игнатьев**<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> ОАО «НИИ суперЭВМ»

e-mail :  
chudinov@super-computer.ru

<sup>2)</sup> ЗАО «РК-ТЕЛЕКОМ»

e-mail :  
Kolesnikov@super-computer.ru

<sup>3)</sup> Белгородский  
государственный университет

В статье дан анализ динамики роста спроса населения на услуги Государственного регистрационного обслуживания. Показана необходимость использования мобильных программно-аппаратных информационных технологий для развития региональной, регистрационной инфраструктуры. Предлагается экспресс метод оценки эффективности инвестиций в разработку мобильных абонентских пунктов государственной регистрации объектов недвижимости по критерию минимизации периода окупаемости капитальных вложений.

Ключевые слова: информационные услуги Государственной регистрации, мобильные программно-аппаратные информационные технологии, высокая пропускная способность каналов связи мультисервисных сетей, оценка эффективности инвестиций в разработку мобильных абонентских пунктов для органов регистрации.

---

### Введение

Эффективность работы региональных структур управления Федеральной регистрационной службы (УФРС) определяется их способностью удовлетворять потребность населения в услугах по регистрации объектов недвижимости и оценивается отношением обслуженных заявок к общему количеству заявок, поступивших за определенный период. Если работа региональных структур УФРС не эффективна, например, из-за ограниченной пропускной способности, необходимо привлекать дополнительные инвестиции на их модернизацию. Целесообразность внешних «вливаний» в тот или иной способ повышения производительности работы региональных структур должна основываться на максимально достоверной, количественной оценке (прогноз) технико-экономической эффективности капитальных вложений (КВ) в развитие региональной, регистрационной инфраструктуры. Традиционные методы оценки эффективности капитальных вложений связаны, в основном с производственной деятельностью предприятий и направлены на увеличение прибыли за счет снижения себестоимости продукции (услуг) и производственных затрат.

В случае предоставления Государством платных услуг на первое место выдвигается качество и скорость обслуживания населения и, как следствие, рост наполнения региональных бюджетов. Задача оценки эффективности КВ заключается в формализации

зации связей качества обслуживания населения и тарифных ставок Госпошлины за государственную регистрацию и совершение прочих юридически значимых действий в соответствии со ст. 333.33 Налогового кодекса Российской Федерации. Способов решения задачи максимального охвата населения по предоставлению услуг в сфере регистрации и банковского обслуживания можно предложить достаточно много. Вопрос в эффективности предлагаемых решений.

Наиболее дешевым и гибким способом повышения качества государственного обслуживания населения может стать метод перемещения небольших, мобильных абонентских пунктов (МАП) к потребителям предоставляемых услуг, т.н. «Виртуальный офис» (Рис.1).

При таком подходе, достаточно просто оптимизировать количество мобильных (передвижных) пунктов обслуживания, а следовательно минимизировать капитальные вложения в модернизацию региональной, регистрационной инфраструктуры посредством поэтапного ввода в эксплуатацию МАП.

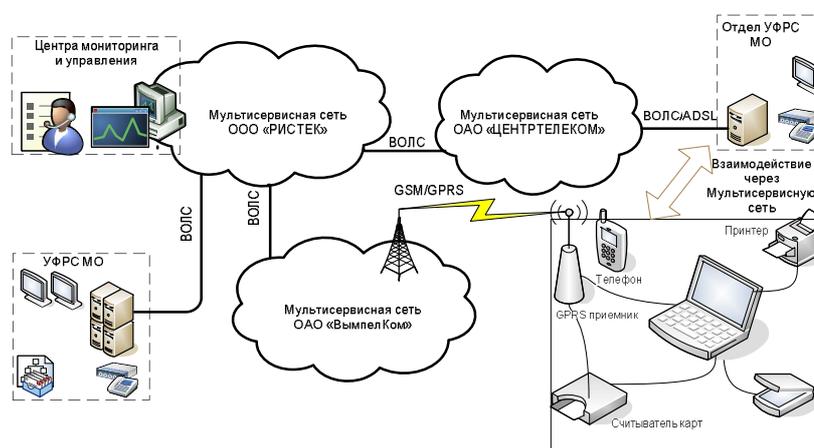


Рис. 1. Функциональная схема интеграции выносного пункта УФРС

Современный уровень развития элементной базы и информационных, коммутационных технологий (ИКТ) позволяет создать, как быстро разворачиваемые переносные, так и мобильные (передвижные) абонентские пункты регистрационного и банковского обслуживания населения.

### 1. Эффективность функционирования региональной, регистрационной инфраструктуры

Пропускная способность региональных отделов УФРС ограничена офисными мощностями и способна обеспечить регистрацию  $N_d$  заявителей в день. В настоящее время, по Московской области (МО), эта цифра колеблется в пределах 30-40 заявок в день (всего в МО 65 отделов УФРС). Соответственно, в год (250 рабочих дней) регистрацию в районном отделе УФРС могут пройти, максимально,  $N_{y,max}=250 \times N_d=7500$  заявителей и для стационарной структуры эта величина имеет физический предел. Следовательно, если количество заявителей имеет тенденцию к непрерывному росту (линейному или нелинейному), что неизбежно, в некоторый момент оно сравняется с пропускной способностью структуры (рис.1). Дальнейшее приращение количества заявок может только накапливаться, а следовательно очереди (потери производительного рабочего времени) будут только расти, качество обслуживания населения будет непрерывно ухудшаться. Суммарное количество накопленных, не обслуженных заявок на текущий год является отложенным спросом населения ( $N_{oc\Sigma,i}$ ), и определяется очевидным выражением:

$$N_{oc\Sigma,i} = \sum_{j=1}^n N_{y,i} - n \times N_{y,max} \quad (1)$$

где:  $N_{y,i}$  – количество заявок в  $i$ -году;



$N_{\max}$  – пропускная способность регионального отдела УФРС;  
 $n$  – количество лет в исследуемом периоде.

Таким образом, величина суммарного, отложенного спроса характеризует качество обслуживания населения и может считаться критерием эффективности работы отдела УФРС. При постоянной пропускной способности отдела (стационарный вариант офиса), коэффициент эффективности ( $E$ ) можно рассчитать из выражения:

$$E = \frac{n \times N_{\max}}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{1}{1 + \frac{N_{oc.i}}{n \times N_{\max}}} \quad (2)$$

Эффективность обслуживания населения стремится к 100%, если отложенный спрос стремится к нулю. Очевидно, чтобы избежать очередей, необходимо увеличивать пропускную способность отделов УФРС. Задача заключается в достоверности планирования: когда, на сколько и каким способом необходимо расширить производительность работы регионального отдела УФРС. Прогнозируя темпы роста строительной индустрии, можно оценить объем дополнительных мощностей отделов УФРС, необходимых для удовлетворения растущего спроса населения на услуги Государства в сфере регистрации и банковского обслуживания. По данным официального сайта УФРС по МО [1] за первое полугодие 2008 года Управлением, включающим в свой состав 65 региональных отделов, осуществлено 688789 регистрационных действий с недвижимостью или 10600, в среднем, на отдел. В тоже время, в будущем 2009 г. по прогнозам того же ведомства на его услуги ожидается не менее 1000000 обращений граждан. Т.е. прирост составит не менее 4 тыс. шт. на отдел. С момента ввода новых правил регистрации (Приказ Министерства юстиции Российской Федерации от 03.12.2004 № 183 «Об утверждении Общего положения о территориальном органе Федеральной регистрационной службы по субъекту (субъектам) Российской Федерации») ежегодное приращение количества обращений в УФРС растет по арифметической прогрессии (анализ проведен методом экспертной оценки). Реалистично предположить, что тенденция роста обращений граждан в последующие три года сильно не изменится (табл. 1, рис. 1). В этом случае, зная предысторию роста количества заявок по годам можно прогнозировать ожидаемое количество заявок в  $n$  – году:

$$N_n = N_1 + \Delta_1 \times \frac{n(1+n)}{2}, \quad (3)$$

где:  $N_1$  – известное количество заявок за первый год исследуемого периода;  $\Delta_1$  – приращение количества заявок в следующем за  $N_1$  годом;  $n$  – количество лет в исследуемом периоде.

Результаты расчетов по формулам 1, 2, 3 представлены в табл. 1. Исходя из выше принятых предпосылок, динамика роста количества заявок до 2001 года отражена на рис.1.

Таблица 1

Количество обращений	Год						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Количество заявок в текущем году, тыс. шт. ( $N_i$ )	4	5	7	10	14	19	25
Пропускная способность отдела УФРС, тыс. шт. ( $N_{\max.i}$ )	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Отложенный спрос текущего года ( $N_{oc.i}$ ), тыс. шт.	0	0	0	2,5	6,5	11,5	17,5
Суммарный отложенный спрос, тыс. шт.	0	0	0	2,5	9	20,5	38

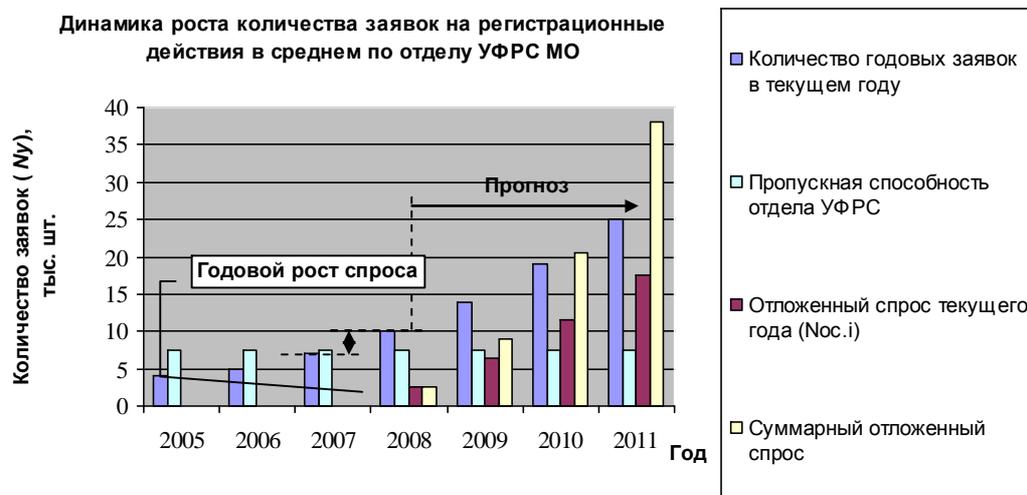


Рис. 2. Динамика роста заявок

Диаграмма (рис. 2) демонстрирует опасный рост суммарного отложенного спроса, если не модернизировать региональную регистрационную инфраструктуру в сторону гибкого расширения пропускной способности региональных отделов УФРС. Наиболее дешевым способом постепенного увеличения пропускной способности отделов УФРС, очевидно, является поэтапный ввод в эксплуатацию мобильных (передвижных или быстро разворачиваемых) абонентских пунктов мощностью 2-3 тысячи операций в год, при условии максимального использования уже существующей информационно технологической инфраструктуры УФРС.

## **2. Экономический эффект от инвестирования в модернизацию региональной, регистрационной инфраструктуры.**

Выбор оптимального решения на базе многофакторного анализа требует формализации множества исходных данных из разных областей жизнедеятельности региона (географической, демографической, транспортной и т.д.). По этой причине, надежность и достоверность прогноза на базе глобального оптимума теряется на стадии сбора и обработки информации.

В данном разделе предлагается выбор оптимального решения на основе экспресс – оценки периода окупаемости капитальных вложений в развитие региональной, регистрационной инфраструктуры. По мнению чиновников Управления госрегистрации прав на недвижимость ФРС «система федеральной государственной службы не может функционировать, основываясь на принципе «самоокупаемости» системы» [2]. Это утверждение справедливо, в первую очередь, потому, что главным критерием успешного функционирования системы государственной регистрации является не извлечение максимальной прибыли, а установление государственных гарантий собственникам недвижимости. Однако, при ежегодно нарастающем отложенном спросе населения на услуги ФРС Государство недополучает сумму в размере произведения прогнозируемого, суммарного отложенного спроса на размер средневзвешенной тарифной ставки Госпошлины – упущенная выгода. Во избежание условных потерь Государство вынуждено вкладывать капитальные средства в модернизацию функционирования ФРС с целью повышения производительности обслуживания населения. Логичным источником таких инвестиций, можно считать только прибыль, получаемая Государством от уплаты населением Госпошлины за правовую экспертизу и выдачу свидетельства о собственности. Если, максимальный объем годовых поступлений в региональный бюджет от деятельности отдела УФРС составляют  $БП = N_i \times Гср$ , где:  $N_i$  – количество обслуженных заявок граждан в текущем  $i$ -году,  $Гср$  – средневзвешенная тарифная



ставка Госпошлины по видам регистрационных действий (всего 37 видов), то за  $n$  лет суммарный объем составит  $БП\Sigma = n \times N_i \times Г_{cp}$ . Размер ставки Госпошлины колеблется от 25руб. до 7500 руб. По статье «Затраты» из регионального бюджета выделяются денежные средства на годовое обеспечение функционирования отдела УФРС, включающие фонд заработной платы обслуживающего персонала, коммунальные выплаты, оплата энергоснабжения, техническое обслуживание оборудования и т.д. ( $З_i$ ). Соответственно, суммарная прибыль в региональный бюджет от деятельности отдела УФРС за  $n$  составят:

$$П_{\Sigma} = n(N_i \times Г_{cp} - З_i) \quad (4)$$

В случае превышения бюджетных поступлений над затратами экономическую деятельность регионального отдела УФРС можно было бы считать рентабельной, если бы отсутствовал отложенный спрос населения (не обслуженные обращения граждан). Прогнозируемый размер «упущенной выгоды» позволяет оценить необходимый объем, и период окупаемости капитальных вложений, необходимый для модернизации региональной регистрационной инфраструктуры.

Если приравнять суммарную прибыль к объему капитальных вложений ( $K$ ) инвестируемых, например, в разработку мобильной сети абонентских пунктов (МАП), можно рассчитать срок окупаемости инвестиций, который составит:

$$n = \frac{K}{N_i \times Г_{cp} - З_i} [\text{лет}] \quad (5)$$

Для сокращения переменных, выразим знаменатель в выражении (5) через параметр рентабельности работы отдела УФРС ( $P$ ). Учитывая, что по определению, рентабельность равна отношению прибыли к затратам, после преобразования получим:

$$n = \frac{K}{N_i \times Г_{cp} \times \left(1 - \frac{1}{1+P}\right)} [\text{лет}] \quad (6)$$

Выражение (6) является математической моделью, механизма принятия решений при инвестировании проектов увеличения производительности регистрационной инфраструктуры, которое связывает срок окупаемости ( $n$ ) капитальных вложений ( $K$ ) с основными характеристиками планируемого проекта: пропускной способностью ( $N_i$ ) и рентабельностью ( $P$ ).

Критерием оптимальности различных сочетаний переменных является минимальный срок окупаемости планируемых объектов  $n \rightarrow 0$ .

Например, с целью увеличения пропускной способности регистрационных отделов УФРС Государство имеет возможность инвестировать в развитие инфраструктуры капитальные вложения в объеме  $K = \text{Const}$ . Предлагаются три варианта использования инвестиционного капитала с прогнозируемыми показателями роста  $N_1, N_2, N_3$  и  $P_1, P_2, P_3$ . Соответственно, с выражением (6) каждый из вариантов имеет свой срок окупаемости капитальных вложений  $n_1, n_2$  или  $n_3$ , который с достаточной степенью надежности показывает целесообразность выбора того или иного варианта инвестиций.

### **3. Планирование инвестиционной деятельности при проектировании региональных отделов УФРС по критерию минимального срока окупаемости технологических решений**

Кардинально, увеличить производительность работы региональных отделов УФРС по МО, например в два раза, можно за счет введения в эксплуатацию определенного количества новых рабочих мест. Для этого необходимо спроектировать сеть абонентских пунктов с пропускной способностью не менее уже существующего регионального отдела УФРС ( $N_{\text{стац}} = 7500$  операций в год).

Возможны три технологических решения при одинаковом объеме капитальных вложений ( $K = 50'000$  тыс. руб. = Const.):

- Повторить стационарный вариант исполнения регионального отдела;

- Разработать мобильный абонентский пункт (МАП) на базе автофургона;
- Разработать сеть портативных (переносных) МАП быстрого развертывания.

Каждое решение имеет свои преимущества и недостатки.

Реализация стационарного варианта не требует разработки радикальных инновационных технологий и связана в основном с проектной работой. Недостатком такого решения является низкая рентабельность при эксплуатации стационарного объекта  $R_{\text{стац.}} \approx (15-20)\%$  по причине высоких накладных расходов и затрат на коммунальные услуги.

Реализация мобильного варианта МАП (Рис.3) позволяет получить более высокую рентабельность при обслуживании населения т.к. отпадает необходимость затрат на содержание дополнительных офисных площадей. Однако, разработка абонентского пункта на базе автофургона требует высоких единовременных затрат. В рамках данного проекта, возможно построить не более двух специальных автомобилей с пропускной способностью по  $N_{\text{моб.}} = 5000$  операций в год каждый.

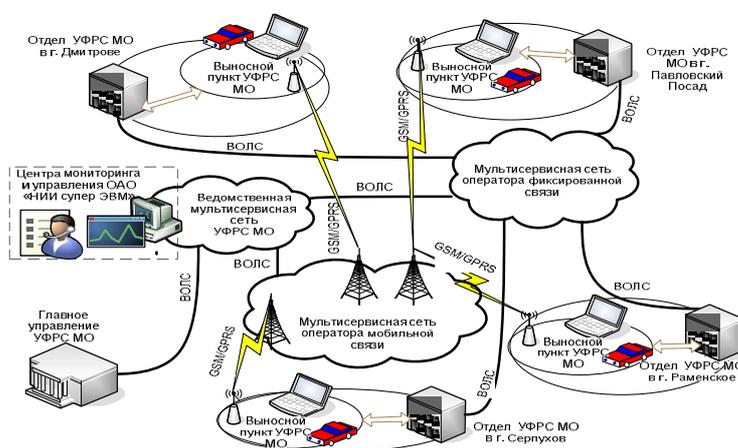


Рис. 3. Состав пилотной зоны выносных комплексов УФРС Московской области

Рентабельность носимого пункта наиболее высокая т.к. к статье «затраты» можно отнести, только фонд заработной платы оператора и затраты на обслуживание мультисервисной сети оператора мобильной связи. Кроме того, переносной вариант МАП является наиболее дешевым средством реализации поставленной задачи. В рамках данного проекта возможен выпуск до 8 комплексов с пропускной способностью по  $N_{\text{пер.}} = 2500$  операций в год каждый.

Исходные данные и результаты расчета прогнозируемого периода окупаемости по каждому из вариантов сведены в табл. 2 и графически представлены на рис. 4.

Таблица 2

Параметр	Обозначение	Вариант исполнения		
		Стационар	Мобильный	Переносной
КВ	К, тыс. руб.	50'000	50'000	50'000
Госпошлина	Гср, руб.	1000	1000	1000
Пропускная способн.	$N_i$ , операций	7500	5000	2500
Количество МАП в проекте	$m$ , шт.	1	2	8
Суммарн. Пропускная способность	$N_{\Sigma}$ , операций	7500	10000	20000
Рентабельность	$P$	0,25	1,00	1,50
Срок окупаемости	$n$ , лет	33	10	4

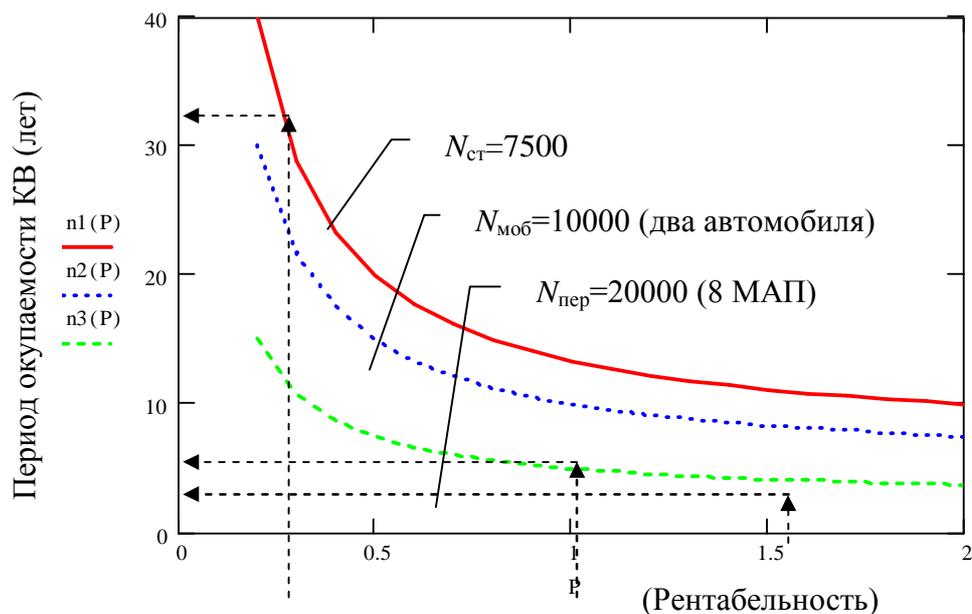


Рис. 4. Зависимость срока окупаемости инвестиций в разработку МАП от рентабельности эксплуатации проектируемых объектов.

График (рис. 4) показывает слабую зависимость периода окупаемости инвестиций от затрат на эксплуатацию проектируемых объектов (пологая часть гиперболы) при высокой рентабельности проводимых операций ( $P \geq 1$ ). В тоже время, Период окупаемости обратно пропорционален пропускной способности региональных отделов. Кроме того, необходимо учитывать, что при освоении в серийном производстве переносных МАП их стоимость не превысит 1000 тыс. руб., а срок окупаемости не превысит одного года.

Таким образом, из трех рассматриваемых решений, планирование работы региональных отделов УФРС по принципу «виртуальный офис» представляется наиболее перспективным.

### Выводы

Ежегодный ввод в эксплуатацию одного, двух переносных программно-аппаратных комплексов при каждом районном отделе УФРС позволят решить проблему качественного обслуживания населения в сфере Государственной регистрации прав собственности без ущерба для регионального бюджета.

Развитая инфраструктура мультисервисных, локальных сетей (основа функционирования МАП) позволяет без существенных затрат реализовать принцип «одного окна» при обслуживании населения (оформление прав собственности и оплата услуг осуществляется в одновременно) (рис. 5).

Высокая пропускная способность каналов связи мультисервисных сетей позволяют обеспечить картографическое сопровождение процедуры регистрации объектов недвижимости, что наиболее актуально в удаленной сельской местности.

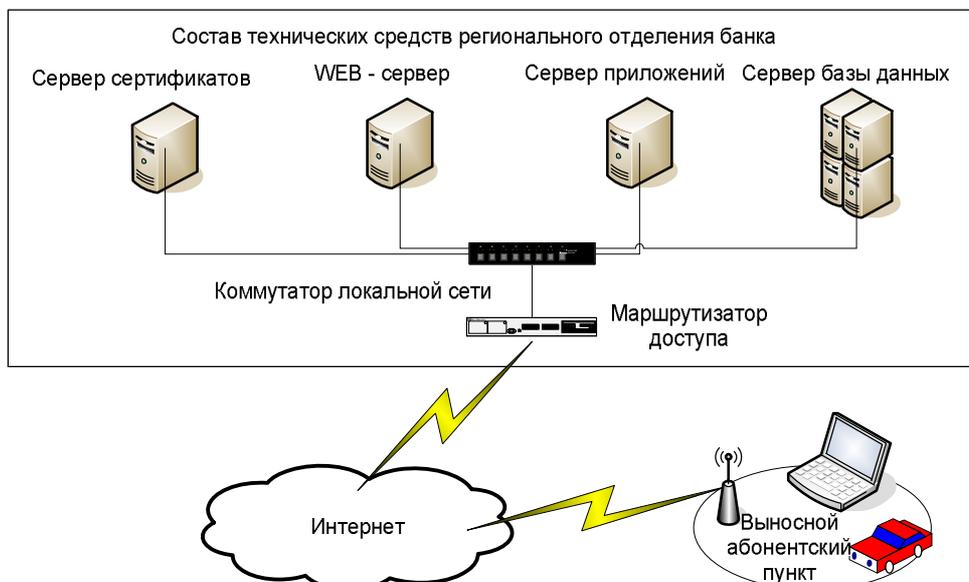


Рис. 5. Схема взаимодействия мобильного (выносного) абонентского пункта с региональными банковскими структурами

### Литература

1. [WWW.mosoblreg.ru](http://WWW.mosoblreg.ru)
2. А. Величко, Зам. Нач. Управления госрегистрации прав на недвижимость ФРС, «Экономика и жизнь», №18, май 2005 г.
3. В.К. Демин, Н.Н. Тютин, Г.К. Храмышкин, С.М. Чудинов «Региональные информационные системы, методы их структурной и функциональной оценки». Белгород, 2008 г.

## EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF MOBILE HARDWARE-SOFTWARE INFORMATION TECHNOLOGIES IN SPHERE OF STATE REGISTRATION SERVICE OF THE POPULATION

М.А. Kolesnikov<sup>1)</sup>

О.Н. Krivosheev<sup>2)</sup>

S.M Chudinov<sup>1)</sup>

A.P. Ignatiev<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> JSK NII «SRI superCOMPUTER»

e-mail :  
chudinov@super-computer.ru

<sup>2)</sup> JSK «RK-TV SET»

e-mail :  
Kolesnikov@super-computer.ru

<sup>3)</sup> Belgorod State University

In clause the analysis of dynamics of growth of demand of the population on services of State registration service is given. The necessity of use of mobile hardware-software information technologies for development of a regional, registration infrastructure is shown. The express train a method of an estimation of efficiency of the investments in development of mobile user's items of state registration of objects of the real estate by criterion of minimization of the period recoupment of a capital investment is offered.

Key words: information services of State registration, mobile hardware-software information technologies, high throughput of channels of connection of multiservice networks, estimation of efficiency of the investments in development of mobile user's items for bodies of registration.

## ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЧЕТКИХ СЕТЕВЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

**Н.А. Корневский**  
**С.А. Филист**  
**А.Б. Красковский**  
**В.И. Афанасьев**

*Курский  
государственный  
технический университет*

*email: SFilist@gmail.com*

В данной работе при синтезе соответствующих систем управления предлагается рассматривать взаимодействие следующих основных факторов, влияющих на экологическую безопасность человека и его среды обитания: состояние среды обитания человека; состояние здоровья и функциональное состояние человека; состояние техногенных систем окружающих человека.

Ключевые слова проектирование, сетевые аспекты, техническая подсистема.

---

Известно, что здоровье населения планеты во многом зависит от его гармонического взаимодействия со средой обитания, включая взаимодействие с природой и техногенными структурами.

Адекватный учет различных составляющих, влияющих на состояние природы и общества, позволяет повышать качество управления экологической безопасностью.

В данной работе при синтезе соответствующих систем управления предлагается рассматривать взаимодействие следующих основных факторов, влияющих на экологическую безопасность человека и его среды обитания: состояние среды обитания человека; состояние здоровья и функциональное состояние человека; состояние техногенных систем окружающих человека.

Таким образом, речь идет о комплексном исследовании сложных систем, состоящих из подсистем принципиально различной природы, которые в совокупности можно рассматривать как некоторую экологическую систему, понимая под экологией науку о природной среде на Земле, состоящей из объектов живой и неживой природы, находящихся в тесном взаимодействии [1].

Каждая из рассматриваемых подсистем представляет собой сложный объект исследования, который не может быть достаточно точно описан в рамках традиционных математических подходов (теория дифференциального и интегрального исчисления, теория вероятностей и математической статистики и др.). Основная сложность заключается в том, что целостная система состоит из подсистем различной природы, описываемых различными, плохо формализуемыми математическими моделями, часто с недостаточным количеством разнородной информации, описывающей состояние объекта. При этом задача оптимизации функционирования объекта должна проводиться по многим критериям для нескольких альтернативных и иногда противоречивых ситуаций. Мировой и отечественный опыт показывает, что решение таких задач лучше всего осуществляется с помощью экспертных систем, которые используют модели с нечетким и неполным представлением данных.

Анализ искомой предметной области позволил выделить три основных уровня системы управления медико-экологической безопасностью (рис. 1).

Подсистему оценки и управления состоянием человека, техническую подсистему (ТП) и подсистему анализа и управления состоянием среды обитания и функционирования человека и ТП. Причем, несмотря на достаточно большие отличия в способах организации и функционирования названных подсистем, каждая из них может быть разбита на три составные части (блока): блок принятия диагностических решений, блок фиксации решений и прогнозирования состояния подсистемы (блок моделей), блок оптимизации состояния подсистемы. Так, подсистема анализа и управле-

ния состоянием среды функционирования разбивается на следующие блоки: 1) блок диагностики состояния среды, 2) блок фиксации состояния и прогноза поведения природной среды, окружающей человека и ТП, 3) блок оптимизации состояния среды функционирования. В свою очередь, состояние природной среды функционирования удобно рассматривать с точки зрения двух составляющих: состояния, зависящего от функционирования исследуемой ТП и общего состояния природной среды, определяемого комплексом внешних по отношению к искомой системе факторов. Иногда удобно отдельно выделять подсистемы анализа и управления воздушной средой, водой и почвой. Подсистема оценки и управления состоянием человека разбивается на блоки диагностики состояния, фиксации состояния и прогноза жизнедеятельности и эффективности работоспособности и блок оптимизации состояния.



Рис. 1. Три основных уровня социотехнической системы

Причем состояние человека может рассматриваться с точки зрения общих и профессиональных заболеваний, собственно функционального состояния, а также с учетом профессиональных навыков и качеств. Техническая подсистема разбивается на составные части в зависимости от решаемых задач и целей управления. Таким образом, эффективность взаимодействия человека с ТП определяется с учетом целого комплекса различных факторов.

Для реализации этих блоков предлагается единая интерактивная полифункциональная модель базы знаний для универсальной экспертной системы, выполняемая в виде однородной сетевой среды с оригинальным унифицированным решающим модулем, располагающимся в узлах сетевой модели (рис. 2) [7, 9]. Решающие правила, используемые в решающем модуле (РМ), ориентированы, в основном, на применение нечетких (ненадежных) знаний и фактов, выраженных через коэффициенты уверенности. В предлагаемой модели применение коэффициента уверенности распространяется на анализ надежности измерения признаков, описывающих состояние соответ-

вующей подсистемы или ее частей, и на определение «полезности» проведения тех или иных мероприятий с учетом индивидуальных особенностей рассматриваемого объекта и, кроме того, для РМ разрешено не только использование правил нечетких выводов, но и других, хорошо зарекомендовавших себя решающих процедур (дискриминантный анализ, различные модификации метода эталонов, вероятностные процедуры, методы динамического интерактивного конструирования двумерных отображающих пространств и др.).

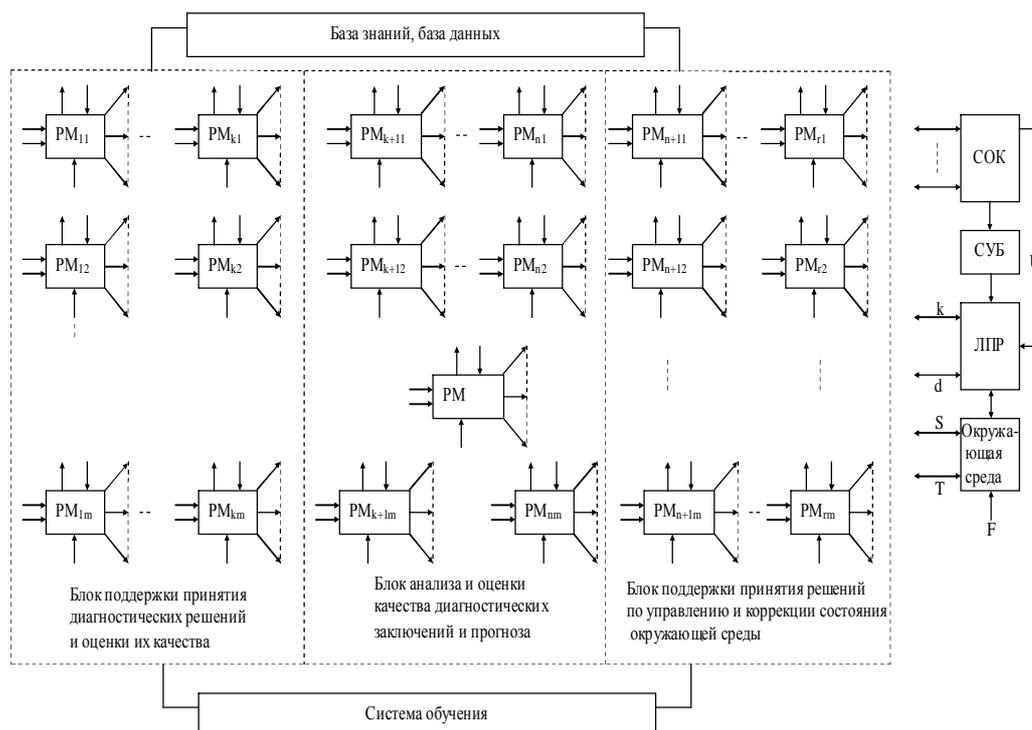


Рис. 2. полифункциональная модель базы знаний для универсальной экспертной системы

«Встраивание» четких решающих правил в нечеткую базу знаний экспертной системы предлагается производить в соответствии с общей методикой синтеза нечетких решающих правил разработанной на кафедре биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета [6].

Выбор типа и объема задач, реализуемых одним решающим модулем производится инженером по знаниям совместно с экспертами, в интересах которых создается система.

Принятие решений в сетевой модели осуществляется цепочками решающих модулей с поэтапным уточнением дополнительных факторов до заданной уверенности. Проход по строке соответствует уточнению диагноза (в блоке диагностики состояния среды) и улучшению показателей состояния среды по заданному диагнозу (в блоке оптимизации), а проход по столбцам соответствует смене гипотезы о диагнозе или смене тактики «оздоровления» среды. Переход от одного решающего модуля к другому осуществляется по трассе с максимальным коэффициентом уверенности. При этом система запоминает и анализирует и другие гипотезы с достаточно высокими (выше порога) коэффициентами уверенности, и после проработки наиболее вероятной гипотезы предлагает эксперту проверить и другие высоковероятные гипотезы.

При работе с сетевой моделью в специальной буферной памяти производится запоминание номеров и порядка использования РМ, условий их работы с сохранением требуемых фактов и данных по каждому модулю. Поскольку для каждого модуля может быть задан его вес в принятии того или иного решения, а также известны роль и вес каждого признака, используемого РМ, появляется возможность оценки качества

работы эксперта путем анализа используемых модулей и даже отдельных признаков. Функцию контроля качества за деятельностью эксперта выполняют специальные программные средства системы оценки качества (СОК). Информация с СОК передается системе управления внешнего уровня (СУВ), в качестве которой чаще всего рассматривается администрация системы, организующая соответствующие воздействия на лиц, принимающих решения.

Разделение задач и функций по решающим модулям сети позволяет упростить задачу поиска тех РМ, которые приводят к ошибкам по вине системы. Как только количество ошибок, совершаемых РМ, достигает порогового значения, то, в зависимости от типа решающих правил и характера совершаемых ошибок, к этому модулю подключается система обучения, производящая коррекцию соответствующих решающих правил и (или) связей.

Каждый решающий модуль реализует расчет показателей качества взаимодействия с ним лиц, принимающих решения, и, при необходимости, может быть переведен в режим собственного обучения или в режим реализации программ аттестации, профессионального отбора или обучения соответствующего персонала.

В качестве примера изложенных принципов проектирования рассмотрим автоматизированную систему для поддержки принятия решений при прогнозировании сердечного риска с учетом факторов среды. Исходя из задач, решаемых разрабатываемой системой, в ее состав введены три подсистемы (уровня): 1) подсистема управления базой данных (ПУБД); 2) подсистема тестирования; 3) решающий модуль.

Структурная схема автоматизированной системы показана на рис. 3.

ПУБД этой системы включает три функциональных модуля:

- 1) глобальную базу данных;
- 2) локальную базу данных первого уровня;
- 3) интерфейс.

Процесс наполнения локальной базы данных осуществляется через интерфейс и блок тестирования, который находится на втором уровне системы.

При обучении модуля нечеткого вывода пользователь указывает выборки (имена файлов базы данных), которые хранятся в локальной БД. Решающий модуль включает два блока: модуль нечеткого вывода и ПУБД третьего уровня, которая включает локальную базу данных третьего уровня и блок формирования функций принадлежности (БФФП).

Локальная база данных третьего уровня предназначена для хранения моделей модуля нечеткого вывода (настраиваемых параметров решающего модуля) и функций принадлежности для фуззификаторов модуля нечеткого вывода.

Процесс получения функций принадлежности сводится к определению и преобразованию гистограмм информативных признаков, хранящихся в глобальной базе данных.

Более подробно принципы построения таких систем рассмотрены в работах [8, 9].

Аналогичные структурные решения могут быть использованы в задачах оценки функционального состояния человека. Вопросы построения методик и технических средств для решения задач оценки функционального состояния человека, его готовности к надежному выполнению тех или иных работ, а также некоторые вопросы по решению задач профессионального отбора и рациональной расстановки кадров рассмотрены в работе [10].

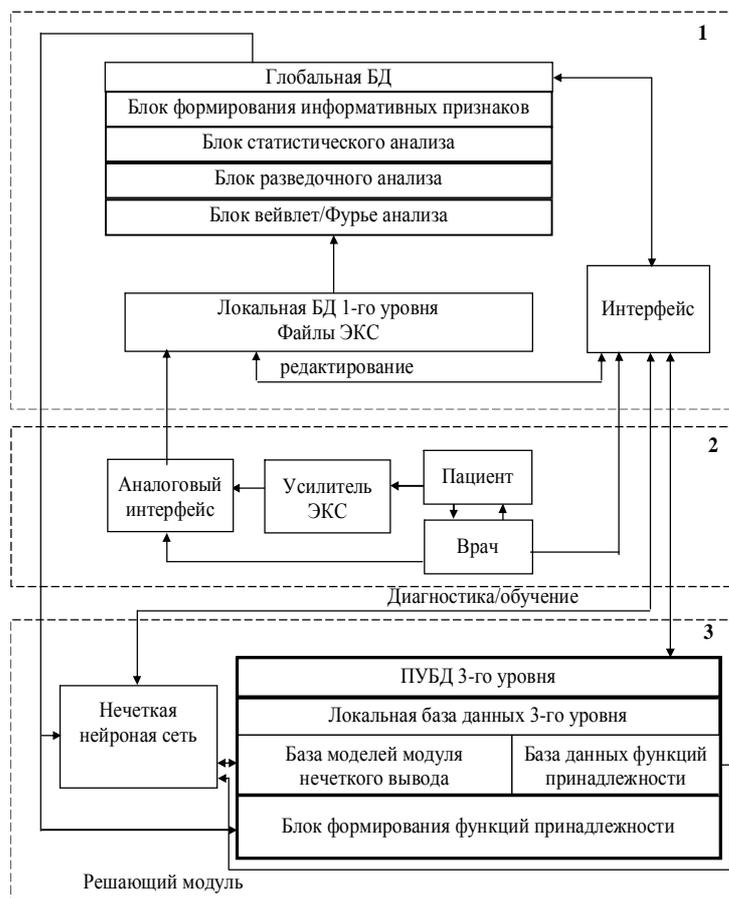


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной системы для поддержки принятия решений при диагностике ишемической болезни сердца

В подсистеме оценке и управления средой функционирования в качестве признаков для принятия соответствующих решений, в зависимости от целей поставленной задачи, могут использоваться показатели, рассчитываемые в соответствии с индексно-нормативными методами, отражающими степень загрязнения различных сфер окружающей среды, либо по фактической величине поступления загрязнителя в среду, либо по отношению к установленному для данной территории значению санитарно-технического норматива (ПДК, ПДВ) [6]. Например, эколого-токсикологическая характеристика почвы может быть оценена набором показателей, определяющих содержание микроэлементов и тяжелых металлов – Zn, Mo, Cu, Mn, B, As, Cd, Hg, Pb, Co, Cr, Fe; по загрязнению почвы радионуклидами –  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ; по загрязнению почвы пестицидами и др. [11]. Для расширения возможностей по количеству и качеству принимаемых решений наряду с «загрязняющими» показателями рекомендуется использовать и различные «нормальные» признаки. Например, при описании состояния почвы в интересах сельского хозяйства могут быть определены: гранулометрический состав, степень эродированности, содержание гумуса, pH, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями, содержание щелочно-гидролизуемого азота, содержание щелочно-гидролизуемого азота, содержание подвижного фосфора и калия, содержание поглощенного натрия [11].

В качестве практических приложений по экологически зависимым заболеваниям нами решены задачи проектирования систем поддержки принятия решений для управления состоянием здоровья людей занятых в экологически опасном Железногорском районе Курской области подверженному комплексному воздействию вредных выбросов горно-металлургического комбината и постоянного магнитного поля (Курской магнитной аномалии) [2, 3, 4, 5].

### Литература

1. Большаков В.Н., Кряжимский Ф.В., Павлов Д.С. Перспективные направления развития экологических исследований в России // Экология. – 1993. – №3. – С.3-16.
2. Иванков Ю.А. Синтез нечетких решающих правил для прогнозирования и ранней диагностики заболеваний вызываемых состоянием окружающей среды с учетом индивидуальных особенностей организма / Н.А. Корневский, Ю.А. Иванков, Е.А. Яковлева, Н.Н. Савченко // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2007. Т.6, №2. – С.395-401.
3. Иванков Ю.А. Метод нечеткого прогнозирования заболеваний с учетом экологических факторов и индивидуального состояния здоровья/ Н.А. Корневский, А.А. Бурмака, Ю.А. Иванков // Медико-экологические информационные технологии: сб. материалов юбилейной X международной научно-технической конференции / Курск. гос. техн. ун-т. – Курск, 2007. – С.57-59.
4. Иванков Ю.А. Влияние магнитного поля на состояние здоровья человека на примере г. Железногорска/ М.П. Попов, Ю.А. Иванков // Системные исследования в науке и образовании: сборник научных трудов; КГУ, Курск МУ изд. центр ЮМЭКС, 2006. – С.29-32.
5. Коптева Н.А. Прогнозирование и ранняя диагностика заболеваний сельскохозяйственных рабочих на основе нечеткой логики принятия решений/ Н.А. Корневский, Н.А. Коптева, Р.А. Крупчатников // вестник Воронежского государственного технического университета Том 4, №7, 2008. – С.86-89.
6. Корневский Н.А. проектирование нечетких решающих сетей настраиваемых по структуре данных для задач медицинской диагностики [Текст] / Н.А. Корневский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2005. – Т.4, №1. – С.12-20.
7. Корневский Н.А., Артеменко М.В. Экспертные системы диагностики и управления сложными социотехническими системами / Материалы международного экологического форума Современные экологические проблемы провинции. – Курск, 1993. – С.128-130.
8. Корневский Н.А., Гадалов В.Н. Принципы построения интерактивных систем поддержки принятия решения для типовых лечебных учреждений // Материалы и упрочняющие технологии-94: Материалы Всесоюзной конференции. – Курск, 1994. – С. 11-16.
9. Корневский Н.А. проектирование систем поддержки принятия решений для медико-экологических приложений: моног. / Н.А. Корневский, В.С. Титов, И.Е. Чернецкая – Курск. гос. техн. ун-т., 2004. – С.180.
10. Плотников В.В., Корневский Н.А., Забродин Ю.М. Автоматизация методик психологического исследования: Принципы и рекомендации. – Орел: Из-во ин-та психологии АН СССР: ВНИИОТ Госагропрома ССР, 1989.
11. Чуян Г.А., Карпинец Т.В. База данных для проведения аэроэкологического мониторинга земель Курской области / Материалы международного экологического форума Современные экологические проблемы провинции. – Курск, 1993.

## THE THEORY OF DESIGNING OF INDISTINCT NETWORK EXPERT SYSTEMS FOR MANAGEMENT OF MEDIKO-ECOLOGICAL SAFETY

N.A. Korenevsky

S.A. Filist

A.B. Kraskovsky

V.I. Afanasyev

*Kursk State Technical University*

*e-mail: SFilist@gmail.com*

In the given work at synthesis of corresponding control systems it is offered to consider interaction of the following major factors influencing ecological safety che-loveka and his environment of dwelling: a condition of an inhabitancy of the person; a state of health and a functional condition of the person; consisting-nie technogenic systems of associates of the person.

Key words: designing, network aspects, tehni-cheskaja a subsystem.

## СУЖЕНИЕ МНОЖЕСТВА ПАРЕТО НА ОСНОВЕ ВЗАИМНО ЗАВИСИМОЙ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЛИНЕЙНЫХ ФУНКЦИЙ

**О.Н. Климова**

*Санкт-Петербургский  
государственный  
университет*

Рассматривается задача многокритериального выбора с набором взаимно зависимой информации об относительной важности двух групп критериев. С помощью функций минимума строится оценка сверху для неизвестного множества выбираемых решений.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, принятие решений, множество Парето, сужение множества Парето.

### **Введение**

Одной из основных проблем в задачах многокритериального выбора является проблема поиска наилучших решений внутри множества Парето. Как правило, выбор среди парето-оптимальных решений возможен лишь за счет привлечения дополнительной информации о предпочтении лица, принимающего решение (ЛПР). Одним из наиболее распространенных видов дополнительной информации, является информация об относительной важности критериев. Смысл данной информации состоит в том, что критериям приписываются некоторые коэффициенты (веса), определяющие важность критериев. К данному времени разработаны многочисленные процедуры по назначению коэффициентов и дальнейшему их использованию [1], [2]. Но, как правило, эти методы являются эвристическими и не содержат в своей основе строгой доказательной базы. Последнее обстоятельство приводит к тому, что результат задачи зависит от выбора той или иной процедуры.

Другая проблема, связанная с первой, заключается в том, что принцип Парето «работает» только в определенном классе задач. Если поведение ЛПР выходит за рамки этого класса, то наилучшее решение необязательно будет парето-оптимальным.

Результаты данной работы опираются на методологию, в которой удалось избежать описанных выше проблем [3], [5–7]. Указанный подход обладает рядом преимуществ. Во-первых, вводится ряд аксиом, принятие которых обеспечивает справедливость принципа Парето: оптимальные решения следует искать внутри множества Парето. Во-вторых, дается четкое определение понятия количественной информации об относительной важности критериев, в рамках которого коэффициенты относительной важности имеют смысл, понятный ЛПР, не владеющему теорией принятия решений. Информация об относительной важности критериев заключается в том, что выделяются две группы критериев, причем одна из них для ЛПР оказывается более важной, чем другая. Количественно важность одной группы критериев по отношению к другой выражается при помощи двух наборов числовых параметров. Первый набор содержит величины "выигрышей" по каждому из критериев более важной группы, в том случае, если ЛПР делает уступки (величины уступок содержит второй набор параметров) по каждому из критериев менее важной группы. Обладая подобным набором параметров, можно осуществить компромисс, т.е. из множества Парето удалить те варианты, которые не являются оптимальными с точки зрения предпочтения ЛПР. Если полученное множество устраивает ЛПР, то процесс решения останавливается. В противном случае, необходимо еще раз уточнить предпочтения ЛПР и на основе новой информации снова произвести удаление лишних вариантов. Таким образом, суть данного подхода состоит в построении оценки сверху для множества выбираемых решений за счет *последовательного сужения множества Парето*.

Работа построена следующим образом. Сначала вводятся основные понятия и предположения. Далее рассматривается задача многокритериального выбора. Осо-

бенность этой задачи состоит в том, что дополнительная информация состоит из двух сообщений об относительной важности следующего вида: первая группа критериев важнее второй, которая, в свою очередь, важнее первой. Информация такого рода называется взаимно зависимой. Показывается, как производится сужение множества Парето на основе представленной информации.

### **Основные понятия и предположения**

Задача многокритериального выбора включает в себя следующие элементы: множество возможных решений  $X$ , набор критериев, по которым оцениваются данные решения и бинарное отношение строгого предпочтения  $\succ_X$ .

Множество  $X$  представляет собой конечное множество произвольной природы, среди элементов которого осуществляется выбор. Критерии  $f_1, f_2, \dots, f_m$  ( $m \geq 2$ ) – некоторые числовые функции, образующие векторный критерий  $f(x) = (f_1(x), \dots, f_m(x))$ . ЛПР заинтересовано в получении максимальных значений по каждому из критериев. Бинарное отношение  $\succ_X$ , заданное на  $X$ , как и векторный критерий, выражает предпочтения ЛПР. Утверждение, что решение  $x_1$  для ЛПР предпочтительнее решения  $x_2$ , эквивалентно записи  $x_1 \succ_X x_2$ .

Решение задачи состоит в выделении из множества  $X$  наилучших альтернатив с точки зрения предпочтений ЛПР. Полученное множество  $C(X)$  называют множеством выбираемых решений.

Наряду с множествами  $X$  и  $C(X)$  будем использовать множества возможных векторов  $Y = f(X)$  и выбираемых векторов  $C(Y) = f(C(X))$ . Будем считать, что между множествами  $X$  и  $Y$  имеется взаимно однозначное соответствие и отношения  $\succ_X, \succ_Y$  естественным образом согласованы между собой.

Предположим, что выполняются следующие аксиомы, определяющие «разумный» выбор ЛПР [7].

**Аксиома Парето.** Для любых векторов  $y', y'' \in R^m$ , удовлетворяющих неравенству  $y' \geq y''$ , выполнено  $y' \succ_Y y''$ .

Запись  $y' \geq y''$  означает, что выполняются соотношения  $y'_i \geq y''_i$  для всех  $i = 1, 2, \dots, m$ , причем  $y' \neq y''$ .

**Аксиома 1.** (об исключении доминируемых векторов). Для любой пары векторов  $y', y'' \in Y$ , удовлетворяющих соотношению  $y' \succ_Y y''$ , выполнено  $y'' \notin C(Y)$ .

Аксиома 1 говорит о том, что если из двух векторов один не выбирается, то он не выбирается и из всего множества  $Y$ .

Альтернативами для доминируемых векторов являются недоминируемые. Множество недоминируемых векторов определяется следующим образом

$$Ndom(Y) = \{y^* \in Y \mid \nexists y \in Y : y \succ_Y y^*\}.$$

Из аксиомы 1 вытекает включение  $Ndom(Y) \subset C(Y)$ .

**Аксиома 2.** Для отношения  $\succ_Y$  существует иррефлексивное и транзитивное продолжение  $\succ$  на все пространство  $R^m$ .

Таким образом, отношение  $\succ$  на множестве  $Y$  совпадает с  $\succ_Y$ . Также, согласно второй аксиоме, если одно решение предпочтительнее другого, а второе предпочтительнее третьего, то из первого и третьего решения выбирается первое.

**Аксиома 3.** Каждый из критериев  $f_1, f_2, \dots, f_m$  согласован с отношением предпочтения  $\succ$ .

Говорят, что критерий  $f_i$  согласован с отношением предпочтения  $\succ$ , если для любых двух векторов  $y', y'' \in R^m$ , таких, что  $y' = (y'_1, \dots, y'_{i-1}, y'_i, y'_{i+1}, \dots, y'_m)$ ,  $y'' = (y''_1, \dots, y''_{i-1}, y''_i, y''_{i+1}, \dots, y''_m)$ ,  $y'_i > y''_i$ , верно  $y' \succ y''$  [7].

Согласованность критерия с отношением предпочтения выражает заинтересованность ЛПР при прочих равных условиях в получении максимального значения по данному критерию.



**Аксиома 4.** Отношение предпочтения  $\succ$  является инвариантным относительно положительного линейного преобразования.

Последняя аксиома означает, что для любых векторов  $y', y'' \in R^m$  таких, что  $y' \succ y''$ , для любого числа  $\alpha > 0$  и произвольного вектора  $c \in R^m$  выполняется  $\alpha y' + c \succ \alpha y'' + c$ .

Выполнение перечисленных выше аксиом обеспечивает справедливость того, что выбираемые решения будут парето-оптимальными, т.е.  $C(Y) \subset P(Y) \subset Y$  ([7]), где

$$P(Y) = \{y^* \in Y \mid \nexists y \in Y : y \succ_Y y^*\}.$$

Введем множество всех номеров критериев  $I = \{1, 2, \dots, m\}$ . Множество номеров всех критериев некоторой группы будем связывать с обозначением этой группы.

**Определение 1** [8]. Пусть  $A, B \subset I$ ,  $A \neq \emptyset$ ,  $B \neq \emptyset$ ,  $A \cap B = \emptyset$ . Говорят, что группа критериев  $A$  важнее группы  $B$  с двумя заданными наборами положительных параметров  $w_i^*$  для всех  $i \in A$  и  $w_j^*$  для всех  $j \in B$ , если для любой пары векторов  $y', y'' \in R^m$ , для которых верно

$$y'_i - y''_i = w_i^* \quad \forall i \in A; \quad y'_j - y''_j = w_j^* \quad \forall j \in B; \quad y'_s = y''_s \quad \forall s \in I \setminus \{A \cup B\},$$

имеет место соотношение  $y' \succ y''$ .

Другими словами, для того чтобы задать информацию об относительной важности двух групп критериев, ЛПР должно определить, каким количеством  $w_j^*$  единиц по менее важным критериям оно готово всякий раз жертвовать ради увеличения на  $w_i^*$  единиц по более важным критериям.

В силу инвариантности отношения предпочтения  $\succ$  определение 1 можно упростить, зафиксировав вектора  $y', y''$  ([7], теорема 3.4). В частности, если положить, что  $y', y''$  имеют вид

$$y'_i = w_i^* \quad \forall i \in A; \quad y'_j = -w_j^* \quad \forall j \in B; \quad y'_s = 0 \quad \forall s \in I \setminus \{A \cup B\}; \quad y'' = 0_m, \quad (1)$$

то определение 1 переписывается как

**Определение 2** [7]. Пусть  $A, B \subset I$ ,  $A \neq \emptyset$ ,  $B \neq \emptyset$ ,  $A \cap B = \emptyset$ . Группа критериев  $A$  важнее группы  $B$  с двумя заданными наборами положительных параметров  $w_i^*$  для всех  $i \in A$  и  $w_j^*$  для всех  $j \in B$ , если для вектора  $y'$  вида (1) выполняется соотношение  $y' \succ 0_m$ .

В силу определения 1.2, задание информации об относительной важности критериев эквивалентно заданию векторов (1).

**Определение 3** [7]. Пусть  $A, A', B, B' \subset I$ . Два сообщения об относительной важности, состоящие в том, что группа критериев  $A$  важнее группы критериев  $B$  и группа критериев  $A'$  важнее группы критериев  $B'$ , называются *взаимно независимыми*, если ни одна пара из четырех групп  $A, A', B, B'$  не имеет ни одного общего элемента. В противном случае эти сообщения *взаимно зависимы*.

**Определение 4.** Бинарное отношение  $\mathfrak{R}$ , заданное на пространстве  $R^m$ , называют *конусным*, если существует такой конус  $K \subset R^m$ , что для произвольных векторов  $y', y'' \in R^m$  справедлива эквивалентность  $y' \mathfrak{R} y'' \Leftrightarrow y' - y'' \in K$ .

Отношение предпочтения  $\succ$  является конусным, в силу теоремы 2.3 [7]: любое иррефлексивное, транзитивное и инвариантное относительно линейного положительного преобразования бинарное отношение  $\succ$ , удовлетворяющее аксиоме Парето, является конусным отношением с острым выпуклым конусом, содержащим неотрицательный ортант  $R_+^m$  и не содержащим начало координат. Обратно, всякое конусное отношение с конусом указанного выше типа удовлетворяет аксиоме Парето и является иррефлексивным, транзитивным и инвариантным относительно линейного положительного преобразования.



В данной работе рассмотрим следующую задачу с взаимно зависимой информацией.

**Задача.** Пусть даны две непустые группы критериев  $A$  и  $B$ , состоящие из  $r$  и  $t$  критериев соответственно, причем  $r+t \leq m$  и  $A \cap B = \emptyset$ . Не теряя общности, перенумеруем критерии таким образом, чтобы в группу  $A$  входили функции  $f_1, f_2, \dots, f_r$ , а в группу  $B - f_{r+1}, \dots, f_{r+t}$ . Дополнительная информация об относительной важности критериев (И) состоит из двух сообщений: группа критериев  $A$  важнее группы критериев  $B$  с двумя наборами положительных параметров  $w_i$  для всех  $i \in A$  и  $w_j$  для всех  $j \in B$ ; группа критериев  $B$  важнее группы  $A$  с двумя наборами положительных параметров  $\gamma_j$  для всех  $j \in B$  и  $\gamma_i$  для всех  $i \in A$ .

Указанным сообщениям, согласно определению 1.2, соответствуют такие вектора

$$y^1 = (w_1, \dots, w_r, -w_{r+1}, \dots, -w_{r+t}, 0, \dots, 0), \quad y^2 = (-\gamma_1, \dots, -\gamma_r, \gamma_{r+1}, \dots, \gamma_{r+t}, 0, \dots, 0), \quad (2)$$

что  $y^1 \succ 0_m, y^2 \succ 0_m$ . На геометрическом "языке" это означает, что конусу  $K$  конусного отношения предпочтения  $\succ$  принадлежат вектора (2).

**Сужение множества Парето на основе взаимно зависимой информации**

В том случае, когда задан набор информации, состоящий из нескольких сообщений об относительной важности критерии, необходимо убедиться, что данная информация является непротиворечивой (совместной).

**Определение 5** [7]. Набор векторов (2) будем называть *непротиворечивым*, если существует хотя бы одно бинарное отношение  $\succ^*$ , для которого выполняются аксиомы 2-4 и соотношения  $y^1 \succ^* 0_m, \dots, y^k \succ^* 0_m$ .

Согласно критерию непротиворечивости, полученному в работе [4], набор векторов (2) непротиворечив, тогда и только тогда, когда существуют номера  $i \in A$  и  $j \in B$ , для которых выполняется неравенство

$$\frac{w_i}{\gamma_i} > \frac{w_j}{\gamma_j}. \quad (3)$$

Пусть соотношение (3) выполняется для всех  $i \in A$  и всех  $j \in B$ . Причем каждая из групп  $A$  и  $B$  состоит более чем из одного критерия.

Докажем следующее вспомогательное утверждение

**Лемма.** Пусть  $M$  – совокупность всех неотрицательных линейных комбинаций набора векторов  $e^1, \dots, e^m, y^1, y^2$ , где  $e^1, \dots, e^m$  – единичные орты пространства  $R^m$ ,  $y^1, y^2$  вектора вида (2).

Включение  $y \in M$  выполняется тогда и только тогда, когда имеют место неравенства

$$\min_{i \in A} \frac{y_i}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{y_j}{w_j} > 0, \quad (4)$$

$$\min_{i \in A} \frac{y_i}{\gamma_i} + \min_{j \in B} \frac{y_j}{\gamma_j} > 0, \quad (5)$$

$$y_s \geq 0, \quad \forall s \in I \setminus \{A \cup B\}. \quad (6)$$

**Доказательство.** По определению конуса  $M$ , включение  $y \in M$  имеет место тогда и только тогда, когда существует такой вектор  $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m, \mu_1, \mu_2)$  с неотрицательными компонентами, что  $y = \sum_{i=1}^m \lambda_i e^i + \mu_1 y^1 + \mu_2 y^2$ , или в подробной записи

$$\begin{aligned} y_i &= \lambda_i + \mu_1 w_i - \mu_2 \gamma_i, \quad \forall i \in A, \\ y_j &= \lambda_j - \mu_1 w_j + \mu_2 \gamma_j, \quad \forall j \in B, \\ y_s &= \lambda_s, \quad \forall s \in I \setminus \{A \cup B\}. \end{aligned} \quad (7)$$



*Необходимость.* Пусть  $y \in M$ , а значит верно (7). Докажем, что имеют место соотношения (4) – (6).

Неравенство (6) очевидным образом выполняется из последнего равенства системы (7), так как  $\lambda_s \geq 0$  для всех  $s \in I \setminus \{A \cup B\}$ .

Подставим в  $\frac{y_i}{w_i} + \frac{y_j}{w_j}$  выражения для  $y_i, y_j$  из системы (7). В силу предположения, что (3) выполняется для всех  $i \in A$  и всех  $j \in B$ , получим

$$\frac{y_i}{w_i} + \frac{y_j}{w_j} = \frac{\lambda_i}{w_i} + \frac{\lambda_j}{w_j} + \mu_2 \left( \frac{\gamma_j}{w_j} - \frac{\gamma_i}{w_i} \right) \geq 0 \quad \forall i \in A, \forall j \in B$$

или

$$\frac{y_i}{w_i} \geq \max_{j \in B} \left( -\frac{y_j}{w_j} \right) = -\min_{j \in B} \left( \frac{y_j}{w_j} \right) \quad \forall i \in A.$$

Так как последнее неравенство справедливо для всех  $i \in A$ , то получим (4).

Теперь в  $\frac{y_i}{\gamma_i} + \frac{y_j}{\gamma_j}$  подставим выражения для  $y_i, y_j$  из (7). Справедливость неравенства (5) доказывается аналогично выше проведенным рассуждениям.

*Достаточность.* Здесь, используя неравенства (4) – (6), нужно установить справедливость равенств (7).

Пусть неравенства (4) – (6) выполняются для произвольного  $y \in M$ . Выберем такие номера  $i_1, i_2 \in A$ , что  $\frac{y_{i_1}}{w_{i_1}} \leq \frac{y_i}{w_i}$ ,  $\frac{y_{i_2}}{w_{i_2}} \leq \frac{y_i}{w_i}$  для всех  $i \in A$ . И выберем номера  $j_1, j_2 \in B$

таким образом, чтобы  $\frac{y_{j_1}}{\gamma_{j_1}} \leq \frac{y_j}{\gamma_j}$ ,  $\frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}} \leq \frac{y_j}{\gamma_j}$  для всех  $j \in B$ .

Из неравенств (4) – (6) следует существование таких неотрицательных чисел  $\lambda^1, \lambda^2, \lambda_s$ , что имеют место равенства

$$\frac{y_{i_1}}{w_{i_1}} + \frac{y_{j_1}}{w_{j_1}} = \lambda^1, \quad (8)$$

$$\frac{y_{i_2}}{\gamma_{i_2}} + \frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}} = \lambda^2, \quad (9)$$

$$y_s = \lambda_s \quad \forall s \in I \setminus \{A \cup B\}. \quad (10)$$

Заметим, что в силу выбора номеров  $i_1, i_2 \in A$ ,  $j_1, j_2 \in B$ , верно:  $y_{i_1} > 0 \Leftrightarrow y_{i_2} > 0$  и  $y_{j_1} > 0 \Leftrightarrow y_{j_2} > 0$ .

Возможны следующие случаи:

1.  $y_{j_1} > 0$ ,  $y_{i_1} > 0$ ;
2.  $y_{j_1} > 0$ ,  $y_{i_1} < 0$ ;
3.  $y_{j_1} < 0$ ,  $y_{i_1} > 0$ ;
4.  $y_{j_1} < 0$ ,  $y_{i_1} < 0$ ;

Рассмотрим первый случай. Из равенств (9), (10) вытекает справедливость системы (7) при  $\mu_1 = 0$ ,  $\mu_2 = \frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}}$ ,  $\lambda_i = y_i + \gamma_i \frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}}$ ,  $\lambda_j = y_j - \gamma_j \frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}}$ ,  $\lambda_s = y_s$ . В силу выбора номеров  $i_1, i_2 \in A$ ,  $j_1, j_2 \in B$  все компоненты вектора  $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m, \mu_1, \mu_2)$  неотрицательны. В частности,



$$\lambda_i = y_i + \gamma_i \frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}} \geq y_{i_2} + \gamma_{i_2} \frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}} = \lambda^2 \geq 0, \quad \lambda_j = y_j - \gamma_j \frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}} = \gamma_j \left( \frac{y_j}{\gamma_j} - \frac{y_{j_2}}{\gamma_{j_2}} \right) \geq 0.$$

Второй случай совпадает с первым.

В третьем случае справедливость системы (7) вытекает из (8), (10). При этом

$$\mu_1 = -\frac{y_{j_1}}{w_{j_1}}, \quad \mu_2 = 0, \quad \lambda_i = y_i + w_i \left( \frac{y_{j_1}}{w_{j_1}} \right), \quad \lambda_j = y_j - w_j \left( \frac{y_{j_1}}{w_{j_1}} \right).$$

Четвертый случай не возможен в силу равенств (8), (9).

**Теорема.** Пусть отношение предпочтения  $\succ$  удовлетворяет аксиомам 1-4 и задан непротиворечивый набор информации (И), причем неравенства (3) выполняются для всех  $i \in A$  и  $j \in B$ . Тогда для любого непустого множества выбираемых оценок  $C(Y)$  имеют место включения

$$C(Y) \subset \bar{P}(Y) \cap P(Y),$$

где  $\bar{P}(Y) = f(P_g(X))$  – множество векторов, отвечающих множеству парето-оптимальных решений в многокритериальной задаче с исходным множеством возможных решений  $X$  и новым векторным критерием  $g$  размерности  $p = m - |A| - |B| + 2$  с компонентами

$$g_1 = \min_{i \in A} \frac{f_i}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j}{w_j}, \quad g_2 = \min_{i \in A} \frac{f_i}{\gamma_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j}{\gamma_j}, \quad g_s = f_s, \quad \forall s \in I \setminus \{A \cup B\}. \quad (11)$$

**Доказательство.** Обозначим символом  $K$  острый выпуклый конус (без нуля) конусного отношения  $\succ$ . Наличие информации об относительной важности (И) означает, что для векторов (2) выполняются соотношения  $y^1 \succ 0_m, y^2 \succ 0_m$ . Данные соотношения равносильны включениям  $y^1 \in K, y^2 \in K$ . Кроме того,  $R_+^m \subset K$ .

Обозначим через  $M$  выпуклый конус (без нуля), порожденный векторами  $e^1, \dots, e^m, y^1, y^2$ . Так как конус  $M$  является подмножеством острого конуса  $K$ , то он также является острым конусом.

Покажем, что образующими конуса  $M$  являются все векторы набора  $e^1, \dots, e^m, y^1, y^2$ . Предположим, что вектор  $e^s, s \in (A \cup B)$ , представляется в виде линейной неотрицательной комбинации

$$e^s = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq s}}^m \lambda_k e^k + \mu_1 y^1 + \mu_2 y^2, \quad (12)$$

то найдутся  $i \in A, i \neq s$  и  $j \in B, j \neq s$ , для которых  $-\lambda_i = \mu_1 w_i - \mu_2 \gamma_i, -\lambda_j = -\mu_1 w_j + \mu_2 \gamma_j$ . Отсюда следуют неравенства  $\mu_1 w_i - \mu_2 \gamma_i \leq 0, -\mu_1 w_j + \mu_2 \gamma_j \leq 0$ , равносильные неравенствам

$$\frac{w_j}{\gamma_j} \geq \frac{\mu_2}{\mu_1} \geq \frac{w_i}{\gamma_i}, \text{ не совместимым с (3).}$$

Если же вектор  $e^s$  таков, что  $s \in I \setminus (A \cup B)$ , то равенство (12) сразу влечет противоречие  $1 = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq s}}^m \lambda_k \cdot 0 + \mu_1 \cdot 0 + \mu_2 \cdot 0$ .

Теперь допустим, что вектор  $y^1$  представляется в виде  $y^1 = \sum_{k=1}^m \lambda_k e^k + \mu y^2$ . Тогда для каждого  $j \in B$  имеет место противоречивое равенство  $-w_j = \lambda_j + \mu \gamma_j$  отрицательного и неотрицательного чисел.

Аналогично вектор  $y^1$  невозможно представить в виде линейной неотрицательной комбинации указанных выше векторов.



Таким образом, конус  $M$  совпадает с множеством всех ненулевых неотрицательных линейных комбинаций вида

$$\lambda_1 e^1 + \dots + \lambda_m e^m + \mu_1 y^1 + \mu_2 y^2,$$

и в силу леммы 3.1 конус  $M$  совпадает с множеством ненулевых решений системы неравенств (4) – (6).

Из включений  $M \subset K$  вытекают включения  $C(Y) \subset \widehat{P}(Y)$ , где  $\widehat{P}(Y) = \{y^* \in Y \mid \exists y \in Y : y - y^* \in M\}$  представляет собой множество недоминируемых элементов множества  $Y$ , упорядоченного конусным отношением с конусом  $M$ .

Пусть  $y = f(x)$ ,  $y^* = f(x^*)$ ,  $f(x) \neq f(x^*)$  при  $x, x^* \in M$ . Благодаря доказанному выше совпадению множества решений (4) – (6) и конуса  $M$ , включение  $f(x) - f(x^*) \in M$  имеет место тогда и только тогда, когда выполняются следующие неравенства

$$\min_{i \in A} \frac{f_i(x) - f_i(x^*)}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x) - f_j(x^*)}{w_j} \geq 0, \quad (13)$$

$$\min_{i \in A} \frac{f_i(x) - f_i(x^*)}{\gamma_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x) - f_j(x^*)}{\gamma_j} \geq 0, \quad (14)$$

$$f_s(x) - f_s(x^*) \geq 0, \quad \forall s \in I \setminus \{A \cup B\},$$

причем здесь хотя бы одно неравенство – строгое.

Докажем, что из неравенств (13), (14) следует

$$\min_{i \in A} \frac{f_i(x)}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x)}{w_j} \geq \min_{i \in A} \frac{f_i(x^*)}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x^*)}{w_j}, \quad \min_{i \in A} \frac{f_i(x)}{\gamma_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x)}{\gamma_j} \geq \min_{i \in A} \frac{f_i(x^*)}{\gamma_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x^*)}{\gamma_j}.$$

Рассмотрим неравенство (13). Предположим противное. Пусть выполняется

$$\min_{i \in A} \frac{f_i(x)}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x)}{w_j} < \min_{i \in A} \frac{f_i(x^*)}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x^*)}{w_j}.$$

Следовательно, найдутся такие номера  $i_1 \in A$ ,  $j_1 \in B$ , что  $\frac{f_{i_1}(x)}{w_{i_1}} = \min_{i \in A} \frac{f_i(x)}{w_i}$ ,

$$\frac{f_{j_1}(x)}{w_{j_1}} = \min_{j \in B} \frac{f_j(x)}{w_j} \text{ и справедливо}$$

$$\frac{f_{i_1}(x)}{w_{i_1}} + \frac{f_{j_1}(x)}{w_{j_1}} < \min_{i \in A} \frac{f_i(x^*)}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x^*)}{w_j} \leq \frac{f_{i_1}(x^*)}{w_{i_1}} + \frac{f_{j_1}(x^*)}{w_{j_1}}.$$

Тогда

$$\min_{i \in A} \frac{f_i(x) - f_i(x^*)}{w_i} + \min_{j \in B} \frac{f_j(x) - f_j(x^*)}{w_j} \leq \frac{f_{i_1}(x) - f_{i_1}(x^*)}{w_{i_1}} + \frac{f_{j_1}(x) - f_{j_1}(x^*)}{w_{j_1}} < 0.$$

Получили противоречие с неравенством (13). Аналогично проводится доказательство и для неравенства (14).

Из доказанного вытекает, что  $g(x) \geq g(x^*)$ . Отсюда следует, что  $\widehat{P}(Y) = f(P_g(X))$  – это множество парето-оптимальных векторов, отвечающих множеству парето-оптимальных решений в многокритериальной задаче с исходным множеством возможных решений  $X$  и новым векторным критерием  $g$ , определяемым равенствами (11). С учетом включений  $C(Y) \subset \widehat{P}(Y)$  и  $C(Y) \subset P(Y)$  вытекает  $C(Y) \subset \widehat{P}(Y) \cap P(Y)$ .

**Пример.** Рассмотрим задачу многокритериального выбора с векторным критерием  $f(x) = (f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x), f_5(x))$  и отношением предпочтения  $\succ$ , для которого выполняются аксиомы 1-4. Пусть группа  $A$  состоит из первых трех критериев, а группа  $B$  – из четвертого и пятого критериев. Предположим, что имеется информация о том, что группа  $A$  важнее группы  $B$  с двумя наборами параметров  $\{1, 5, 3\}$ ,  $\{1, 2\}$ , а группа  $B$  важнее группы  $A$  с наборами параметров  $\{2, 1, 4\}$  и  $\{3, 7\}$ . Согласно следствию 2.1, дан-



ный набор взаимно зависимой информации непротиворечив, причем неравенства вида (3) выполняются для всех  $i \in A$  и  $j \in B$ . Рассмотрим два возможных решения  $x^1, x^2$ , при которых векторный критерий принимает значения  $f(x^1) = (3, 0, 2, 4, 4)$ ,  $f(x^2) = (1, 2, 3, 0, 2)$ . Нетрудно заметить, что решению  $x^1$  соответствуют наибольшие значения по первой, четвертому и пятому критериям, а  $x^2$  – по второму и третьему. Воспользуемся теоремой 3.1, для того чтобы сделать выбор между двумя парето-оптимальными решениями –  $x^1, x^2$ . Для этого необходимо рассмотреть новую задачу многокритериального выбора с множеством  $X = \{x^1, x^2\}$  и новым векторным критерием  $g(x) = (g_1(x), g_2(x))$ . Вычислим значения  $g(x)$

$$g_1(x^1) = \min\left\{\frac{3}{1}, \frac{0}{5}, \frac{2}{3}\right\} + \min\left\{\frac{4}{1}, \frac{4}{2}\right\} = 2, \quad g_2(x^1) = \min\left\{\frac{3}{2}, \frac{0}{1}, \frac{2}{4}\right\} + \min\left\{\frac{4}{3}, \frac{4}{7}\right\} = \frac{4}{7},$$

$$g_1(x^2) = \min\left\{\frac{1}{1}, \frac{2}{5}, \frac{3}{3}\right\} + \min\left\{\frac{0}{1}, \frac{2}{2}\right\} = \frac{2}{5}, \quad g_2(x^2) = \min\left\{\frac{1}{2}, \frac{2}{1}, \frac{3}{4}\right\} + \min\left\{\frac{0}{3}, \frac{2}{7}\right\} = \frac{1}{2}.$$

В результате мы должны исключить из рассмотрения вариант  $x^2$ , поскольку ему соответствуют наименьшие значения по каждому из критериев  $g_1, g_2$ . Выбранным решением в данной задаче будет  $x^1$ .

#### Литература

1. Figueira, J. Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys / J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott. – Springer, 2005.
2. Goodwin, P. Decision analysis for management judgment (3rd Edition) / P. Goodwin, G. Wright. – John Wiley and Sons, 2004.
3. Noghin, V. D. Relative importance of criteria: a quantitative approach / V. D. Noghin // J. Multi-Criteria Decision Analysis. – 1997. – V. 6. – P. 355-363.
4. Ногин, В. Д. Учет взаимно зависимой информации об относительной важности критериев в процессе принятия решений / В. Д. Ногин, О. Н. Климова // ЖВМиМФ. – 2006. – Т. 46, № 12. – С. 2178-2190.
5. Ногин, В. Д. Использование набора количественной информации об относительной важности критериев в процессе принятия решений / В. Д. Ногин, И. В. Толстых // ЖВМиМФ. – 2000. – Т. 40, № 11. – С. 1593-1601.
6. Ногин, В. Д. Логическое обоснование принципа Эджворта-Парето / В.Д. Ногин // ЖВМиМФ. – 2002. – Т. 42, № 7. – С. 951-957.
7. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В. Д. Ногин. – 2-изд., испр. и доп. – М.: Физматлит, 2005. – 176 с.
8. Подиновский, В. В. Об относительной важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В. В. Подиновский // Многокритериальные задачи принятия решений. – 1978. – С. 48 – 82.

## THE PARETO SET REDUCTION BASED ON MUTUALLY DEPENDENT INFORMATION AND WITH USING OF NONLINEAR FUNCTIONS

O.N. KLIMOVA

*Saint-Petersburg  
State University*

A multicriteria choice problem with interdependent information on the relative importance of two groups of criteria is considered. The functions of minimum are used to derive upper bounds for the unknown set of selected solutions.

Key words: decision making, multicriteria optimization, Pareto set, reduction of the Pareto set.

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ И РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАКАЗОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

**В.В. МУРОМЦЕВ**  
**А.А. СЛОБОДЮК**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: muromtsev@bsu.edu.ru*

В статье рассматривается задача оптимизации заказов предприятия. Предложен метод решения с использованием генетических алгоритмов. Рассмотрена возможность распараллеливания вычислений при решении поставленной задачи.

Ключевые слова: оптимизация заказов, генетический алгоритм, распараллеливание вычислений, MPI.

### **Введение**

Важной составляющей экономической деятельности любого предприятия является закупка продукции. Вне зависимости от вида предприятия и разновидности закупаемой продукции, перед руководителями возникает задача организовать процесс закупок таким образом, чтобы минимизировать материальные затраты при сохранении качества и количества закупаемой продукции и уровня предоставляемого сервиса. Такую задачу будем называть задачей оптимизации заказов предприятия.

Обычно данная задача сводится к выбору поставщиков, которые предлагают необходимый заказчику товар на оптимальных условиях – достаточно низкая закупочная цена, выгодные условия доставки, предоставление некоторых скидок и т.д.

Если ориентироваться только на уровень цен на тот или иной товар у различных поставщиков, то организация закупок не составляла бы труда и представляла бы собой лишь изучение предложений поставщиков и выбора из них того, который предлагает товар по наименьшей цене. Но в действительности помимо уровня цен на решение заказчика влияют дополнительные условия, как, например, предоставляемые поставщиком скидки.

Практика показала, что ни «ручной» анализ, проводимый экспертом, ни прямой перебор всех возможных вариантов закупок товаров с помощью компьютера, неприменимы, т.к. требуют огромных временных затрат. Так, при необходимости заказать  $n$  видов товаров и наличии на рынке  $m$  различных поставщиков существует  $m^n$  различных вариантов плана закупок. Разумеется, выполнить полный перебор всех вариантов невозможно.

Одним из путей решения задачи оптимизации заказов является разработка специальных эвристических алгоритмов, одним из видов которых являются генетические алгоритмы. В статье рассматривается генетический алгоритм оптимизации заказов, а также приводится краткое описание возможностей распараллеливания вычислений.

### **Применение генетического алгоритма**

Рассмотрим задачу оптимизации заказа, когда поставщики предлагают различные скидки. Как правило, скидка устанавливается на цены товаров, и ее величина дискретно зависит от суммы поставки. В этом случае затраты на закупку товаров выражаются многомерной мультимодальной дискретной функцией:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n K(i) C(x_i, i, \sum_{j=1; x_j=x_i}^n K(j) C(x_j, j)),$$

где  $n$  – число закупаемых товаров, пронумерованных натуральными числами;  $x_i \in \{1, 2, \dots, b\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  – номер поставщика, у которого закупается  $i$ -й товар;  $b$  – чис-

ло поставщиков;  $K(i)$  – количество  $i$ -го товара, которое требуется закупить;  $\Pi(x_j, j)$  – цена  $j$ -го товара у поставщика  $x_j$  без скидки;  $\Pi_c(x_i, i, \Sigma)$  – цена  $i$ -го товара у поставщика  $x_i$  при закупке у данного поставщика товаров на сумму большую или равную порогу скидки  $\Sigma$  (цена со скидкой).

Некоторые поставщики устанавливают скидку на сумму поставки, величина которой дискретно зависит от данной суммы. В этом случае затраты на закупку товаров также выражаются многомерной мультимодальной дискретной функцией:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n K(i)\Pi(x_i, i) - \sum_{l=1}^b C \left( l, \sum_{j=1; x_j=l}^n K(j)\Pi(x_j, j) \right),$$

где  $C(l, \Sigma)$  – скидка, предоставляемая поставщиком с номером  $l$ , при закупке у данного поставщика товаров на сумму большую или равную  $\Sigma$ .

Для решения задачи оптимизации заказов предприятия можно использовать одну из разновидностей генетического алгоритма [1]. Вначале работы алгоритма формируются множество приближенных решений  $M = \{(x_1, x_2, \dots, x_n) \mid x_i \in \{1, 2, \dots, b\}, i = 1, 2, \dots, n\}$ . После того, как множество  $M$  сформировано, осуществляется уточнение решений с помощью генетического алгоритма. В предлагаемом алгоритме элементы множества  $M$  рассматриваются как хромосомы. Генетический код особи представляется одной хромосомой. Таким образом, исходное множество особей (начальная популяция) совпадает с множеством  $M$ .

Основной шаг генетического алгоритма включает:

1. Выбор из текущей популяции  $M$  некоторого числа пар особей (родителей).
2. Выполнение генетических операций.
3. Отбор жизнеспособных особей.
4. Корректировка популяции  $M$ .

При выборе родителей предпочтение отдается особям соответствующим наименее затратным вариантам закупок требуемых товаров. Такой выбор организован путем вычисления для каждой особи  $(m_1, m_2, \dots, m_n) \in M$  вероятности ее выбора в качестве родителя. Данная вероятность прямо пропорциональна значению  $f(m_1, m_2, \dots, m_n)$ .

Над выбранными парами родителей выполняются операции кроссинговера и репродукции. В результате выполнения таких операций два родителя  $(m_1, \dots, m_{k-1}, m_k, \dots, m_n)$  и  $(m'_1, \dots, m'_{k-1}, m'_k, \dots, m'_n)$  порождают двух особей:  $(m_1, \dots, m_{k-1}, m'_k, \dots, m'_n)$  и  $(m'_1, \dots, m'_{k-1}, m_k, \dots, m_n)$ . Точка перекрестного обмена  $k$  выбирается случайным образом. Так же могут выполняться операции мутации. Мутации осуществляются над случайно выбранной особью. В результате мутации новая особь получается по одному из правил:

1. Случайно выбранный ген  $m_i, i = 1, 2, \dots, n$  заменяется случайным числом в диапазоне от 1 до  $b$ .

2. Случайно выбранный ген  $m_i$  заменяется числом  $d$  в диапазоне от 1 до  $b$ . Здесь  $d$  – номер поставщика, которому заказаны товары на сумму, близкую к пороговому значению, после которого определена скидка у данного поставщика. Если таких поставщиков несколько, то при выборе  $d$  учитываются дополнительные критерии.

После выполнения генетических операций новые особи проверяются на жизнеспособность. Особь  $(m_1, m_2, \dots, m_n)$  считается жизнеспособной, если выполняется усло-

вие  $f(m_1, m_2, \dots, m_n) < \sum_{i=1}^n K(i)\Pi^*(i) + c_f$ , где  $\Pi^*(i) = \min_{x \in \{1, 2, \dots, b\}} \{\Pi(x, i)\}$  – минимальная цена на



$i$ -ый товар, предложенная одним из поставщиков, у которого может быть закуплен данный товар;  $c_f \geq 0$  – некоторая заданная константа.

Жизнеспособные особи включаются в популяцию. Если размер популяции превышает заданный, то он корректируется. Корректировка размера популяции заключается в удалении наименее жизнеспособных особей. Из двух особей  $(m_1, m_2, \dots, m_n)$  и  $(m'_1, m'_2, \dots, m'_n)$  наименее жизнеспособной считается особь  $(m_1, m_2, \dots, m_n)$  если  $f(m_1, m_2, \dots, m_n) > f(m'_1, m'_2, \dots, m'_n)$ .

Основной шаг генетического алгоритма повторяется заданное число раз (число поколений), также может быть задано время выполнения алгоритма.

Основные параметры генетического алгоритма: число поколений, размер популяции, вероятность мутации и др. являются настраиваемыми величинами и могут меняться в ходе работы алгоритма.

По завершении анализа заданного числа поколений в популяции отбирается наиболее жизнеспособная особь  $(m_1, m_2, \dots, m_n)$ . Если выполняется условие

$$f(m_1, m_2, \dots, m_n) < \sum_{i=1}^n K(i)C^*(i),$$

то закупка товаров осуществляется в соответствии с данной особью, т.е. первый товар закупается у поставщика  $m_1$ , второй товар закупается у поставщика  $m_2$  и т.д. В противном случае предложенным методом не удалось сократить затраты на закупку товаров за счет учета скидок, предоставляемых поставщиками.

### **Использование распараллеливания вычислений**

При программной реализации генетических алгоритмов можно успешно использовать распараллеливание вычислений. Термин «распараллеливание» ассоциируется, прежде всего, с суперкомпьютерами и многопроцессорными системами. В силу ряда причин в России достаточное распространение получили только персональные компьютеры, и соответственно ситуация с освоением технологий работы с этими компьютерами более или менее благополучная. Компьютерный парк систем, относящихся к классу мультипроцессорных рабочих станций и, особенно, к классу суперкомпьютеров, чрезвычайно мал. Однако именно данная категория вычислительных машин заслуживает пристального внимания, так как параллельное выполнение множества программ для различных значений параметров позволяет существенно ускорить решение задачи. Также следует отметить, что использование многопроцессорных систем всегда более эффективно для обслуживания вычислительных потребностей большой группы пользователей, чем использование эквивалентного количества однопроцессорных рабочих станций, так как в этом случае с помощью некоторой системы управления заданиями легче обеспечить равномерную и более эффективную загрузку вычислительных ресурсов.

Возможны следующие режимы использования  $n$ -процессорной системы:

1. Все ресурсы отдаются для выполнения одной программы, и тогда можно ожидать  $n$ -кратного ускорения работы программы по сравнению с однопроцессорной системой.

2. Одновременно выполняется  $n$  обычных однопроцессорных программ, при этом пользователь вправе рассчитывать, что на скорость выполнения его программы не будут оказывать влияния другие программы.

Для решения поставленной задачи логично было бы использовать первый из выше представленных режимов. Также предлагается воспользоваться средой параллельного программирования MPI [2]. MPI – это библиотека функций, обеспечивающая взаимодействие параллельных процессов с помощью механизма передачи сообщений. Она является общепризнанным стандартом в параллельном программировании с использованием механизма передачи сообщений.

MPI-программа представляет собой набор независимых процессов, каждый из которых выполняет свою собственную программу, не обязательно одну и ту же. Процессы MPI-программы взаимодействуют друг с другом посредством вызова коммуникационных процедур. Как правило, каждый процесс выполняется в своем собственном адресном пространстве, однако допускается и режим разделения памяти. MPI не специфицирует модель выполнения процесса – это может быть как последовательный процесс, так и многопоточный. MPI не предоставляет никаких средств для распределения процессов по вычислительным узлам и для запуска их на исполнение. Эти функции возлагаются либо на операционную систему, либо на программиста.

Библиотека MPI состоит примерно из 130 функций, в число которых входят:

- функции инициализации и закрытия MPI-процессов;
- функции, реализующие коммуникационные операции типа точка-точка;
- функции, реализующие коллективные операции;
- функции для работы с группами процессов и коммутаторами;
- функции для работы со структурами данных;
- функции формирования топологии процессов.

Общий алгоритм решения задачи с помощью многопроцессорной системы строится по схеме «мастер-рабочий». Мастер отвечает за работу макроалгоритма поиска минимума и за раздачу заданий рабочим. Мастер осуществляет запрос к пользователю о вводе начальных данных. Далее следует обработка введенных данных и передача их рабочим. Рабочие выполняют все необходимые вычисления, т.е. осуществляют поиск минимального значения некоторой функции. По истечении лимита времени исполнения рабочие осуществляют передачу результатов вычислений мастеру. Следующим этапом является анализ массива данных, полученных мастером от рабочих. Среди предложенных решений выбирается минимальное, т.е. наиболее полно удовлетворяющее условию задачи. Выбранное решение выводится в качестве окончательного результата работы алгоритма.

С использованием распараллеливания вычислений, созданный генетический алгоритм несколько модифицируется. Так, запрос о вводе начальных данных и составление начальной популяции будет осуществляться мастером, а выполнение генетических операций и поиск в новом поколении наиболее жизнеспособных особей – уже рабочими. Каждый рабочий по истечении лимита времени передает информацию о найденной наиболее жизнеспособной особи мастеру. Мастер анализирует все полученные особи и выбирает среди них наиболее приспособленные. В настоящее время такой вариант алгоритма оптимизации заказов предприятия реализован на локальной вычислительной сети, состоящей из персональных компьютеров. Для реализации использовался компилятор языка Си и библиотека MPI.

### **Выводы**

Предложенное решение задачи оптимизации заказов предприятия с использованием генетических алгоритмов позволяет получить существенный выигрыш во времени. В сочетании с технологиями распараллеливания вычислений эффективность данного метода существенно повышается. Таким образом, предложенный алгоритм может быть использован для решения практических задач.

### **Литература**

1. Муромцев, В.В. Организация конкурсных закупок. [Текст] / В.В.Муромцев // Научные ведомости БелГУ. Серия «Информатика и прикладная математика». – 2006. – №1(21), вып. 2. – с.56-65.
2. MPI: Message Passing Interface – русскоязычная страница [Электронный ресурс]: сайт о суперкомпьютерах и параллельных вычислениях. – Режим доступа: [http://www.parallel.ru/tech/tech\\_dev/mpi.html](http://www.parallel.ru/tech/tech_dev/mpi.html), свободный.



## ABOUT USAGE OF GENETIC ALGORITHMS AND PARALLEL CALCULATIONS FOR OPTIMISATION OF ORDERS OF THE ENTERPRISE

V.V. MUROMTSEV  
A.A. SLOBODYUK

*Belgorod State University*

*e-mail: anna-slobodyuk@yandex.ru*

The article considers the problem of optimisation of orders of the enterprise is considered. The method of the decision with use of genetic algorithms is offered. Possibility to use parallel calculations is considered at the task in view decision.

Keywords: optimisation of orders, genetic algorithm, parallel calculations, MPI.

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПИ-ИСЧИСЛЕНИЯ

**С.И. МАТОРИН**  
**М.В. МИХЕЛЕВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

Обсуждается возможность математического описания визуальных графоаналитических моделей с помощью алгебраического аппарата «пи-исчисления» Р. Милнера на примере моделей процессов управления наружным освещением в стандарте BPMN.

Ключевые слова: визуальное графоаналитическое моделирование, BPMN, пи-исчисление, управление наружным освещением, бизнес-процесс.

### **Введение**

Любые организации, выходя на рынок или уже функционируя на нем, сталкиваются с очень серьезной для них проблемой – конкуренцией. Чтобы преодолеть данную проблему им необходимо непрерывно улучшать свой бизнес, развивать новые отрасли своей деятельности, т.е. проводить непрерывную реорганизацию своего бизнеса, так как жесткая структура бизнеса в настоящее время не жизнеспособна. С другой стороны, по причине той же конкуренции, любая организация не может функционировать без четкого описания своего бизнеса в виде должностных инструкций и положений о подразделениях. Это обеспечивается путем проведения регламентации бизнеса. Регламентация означает создание документации, определяющей ход, результаты процессов и порядок управления ими. Регламентация процессов начинается с определения того, какие процессы должны быть регламентированы. Затем проводится документирование процесса, его входов, выходов и подпроцессов по заранее разработанному шаблону. Регламентация необходима для более точного и корректного описания процесса, что позволит создать или откорректировать должностные инструкции, закрепить ответственность, укрепить нормативную базу организации.

Эта двухсторонняя и противоречивая по своей сути задача (обеспечение возможности непрерывной реорганизации бизнеса при это постоянной четкой регламентации) может быть решена только путем формализации бизнеса. Поэтому формализация бизнеса, в настоящее время, является бурно развивающейся отраслью системного анализа, организационного проектирования и управленческого консультирования. С одной стороны, формализованные бизнес-процессы легче изменять и модернизировать, а, с другой стороны, формализация процессов позволяет четко определить правила работы сотрудников и подразделений. Кроме того, формализация бизнес-процессов является хорошей основой для последующей информатизации и автоматизации бизнеса в организации.

В качестве основного средства формализации бизнеса используются компьютерные визуальные графоаналитические модели, создаваемые с помощью различных методов системного анализа. Они являются достаточно формальным описанием, позволяющим пошагово определять виды действия, участников и результаты, а также легко понимаемы всеми участниками бизнеса. При этом применяется несколько методологий и технологий такого моделирования, составляющих популярную информационную технологию, начавшую свое развитие в рамках так называемой CASE-технологии. Все они обладают как некоторыми достоинствами, так и определенными недостатками. Поэтому актуальными остаются исследования в области формализации визуальных графоаналитических моделей бизнеса с помощью математических методов [1].

### **Визуальное графоаналитическое моделирование бизнес-процессов**

В 2001-2004 годах организацией Business Process Management Initiative (BPMI) была разработана новая нотация визуального моделирования бизнес-процессов

(BPMN) с учётом множества ранее существовавших нотаций. Основной целью данной разработки было получение нотации, легко понимаемой всеми пользователями: от бизнес-аналитика, создающего первые наброски описаний процессов, до технических специалистов, отвечающих за реализацию этих процессов, и, наконец, до людей бизнеса, которые управляют этими процессами и контролируют их работу. Только с появлением стандарта BPMN (доведение данной нотации до стандарта осуществил консорциум OMG) появилась возможность автоматизированного выполнения именно описаний бизнес-процессов, а не "программ", которые непрозрачным и непонятным способом разработаны другими людьми на основе этих прозрачных описаний.

Следует подчеркнуть, что одним из факторов развития BPMN является создание простого механизма для создания моделей бизнес процессов, в то же время способного к управлению сложными бизнес процессами. Способ решения проблемы сочетания этих двух противоречащих друг другу требований состоял в создании графических аспектов нотации по конкретным категориям. При этом совокупность категорий нотации получается небольшая, таким образом, читатель схемы BPMN может легко узнать основные типы элементов и понять схему. В рамках основных категорий элементов могут быть добавлены дополнительные изменения и информация для обеспечения соответствия требованиям сложности без значительных изменений основных ощущений и впечатлений от схемы.

Можно выделить четыре основные категории элементов нотации:

- 1). Объекты схемы – задача, событие, шлюз.
- 2).Arteфакты – группа, аннотация, объект данных.
- 3). Области и дорожки – пул, дорожка, промежуточный этап.
- 4). Соединители – поток процесса, сопоставление, поток сообщений.

На рис. 1 представлен бизнес-процесс, описывающий в нотации BPMN, процедуру выполнения переключений уличного освещения в шкафу управления (ШУ). Диспетчеру, работающему в автоматизированной системе управления наружным освещением (АСУНО) поступает заявка на выполнение переключения ШУ [2].

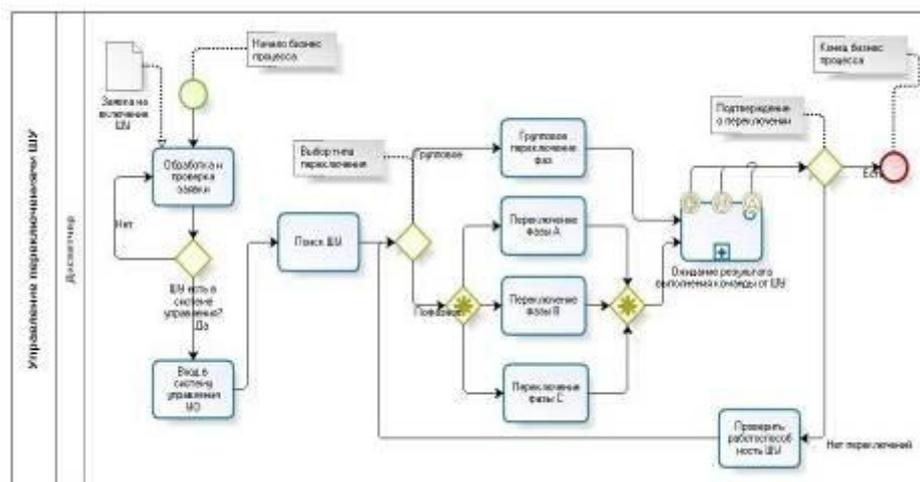


Рис. 1. Бизнес-процесс переключения освещения

Диспетчер обрабатывает заявку, выполняет поиск ШУ в системе и осуществляет удаленное переключение ШУ по команде. В случае успешного выполнения команды, приходит подтверждение о выполненном переключении.

Весь бизнес-процесс разбит на действия, в терминах BPMN это задача или подзадача. Переходы между действиями показаны стрелками – это поток процесса, а документы, которые порождаются или используются каким-либо действием это объект

данных. Также в бизнес-процессе присутствуют точки принятия решений, в которых поток процесса может быть продолжен по одному или нескольким альтернативным путям – это шлюзы.

Несмотря на то, что для решения ряда задач вполне достаточно графоаналитического представления процессов, существуют задачи, решение которых невозможно без более формального, т.е. математического их описания (например, задача верификации или имитационного моделирования).

### **Математическое описание бизнес-процессов с помощью пи-исчисления**

Для математического описания моделей бизнес-процессов будем использовать – алгебраический аппарат, разработанный в 1989 году шотландским математиком Робертом Милнером, названный «пи-исчисление», являющиеся расширением «исчисление взаимодействующих систем (CCS)» [3].

В общем смысле, пи-исчисление – модель параллельных вычислений, основанная на посылке сообщений. В терминах пи-исчисления любой алгоритм представляется как последовательность посылки и принятия сообщений процессами. Посылка сообщений осуществляется с помощью канала.

Примитивными сущностями пи-исчисления являются имена. Их бесконечно много, они лишены внутренней структуры. Имена записываются как символьные строки, начинающиеся со строчной буквы:  $x, y, \dots \in X$ .

Процесс  $P$  (выражение пи-исчисления) представляет собой одно из следующего списка:

- 1)  $c(x).P$  – входной префикс, получение данных  $x$  из канала  $c$ ;
- 2)  $\bar{c}(y).P$  – выходной префикс, передача данных  $y$  по каналу  $c$ ;
- 3)  $P | Q$  – параллельный запуск двух процессов;
- 4)  $!P$  – репликация процесса;
- 5)  $(\nu x)P$  – объявление канала и последующее выполнение процесса;
- 6)  $\tau_P$  – внутреннее действие процесса;
- 7)  $0$  – пустой процесс.

Любой бизнес-процесс можно представить как набор из основных конструкций. К основным конструкциям бизнес процессов можно отнести:

На рис. 2 представлен бизнес-процесс, показанный на рис. 1, в упрощенном виде. В данном случае все действия (задачи) представлены в виде процессов, переходы между действиями заменены на именованные потоки процесса, шлюзы заменены на блоки параллельного разделения, синхронизации и выбора.

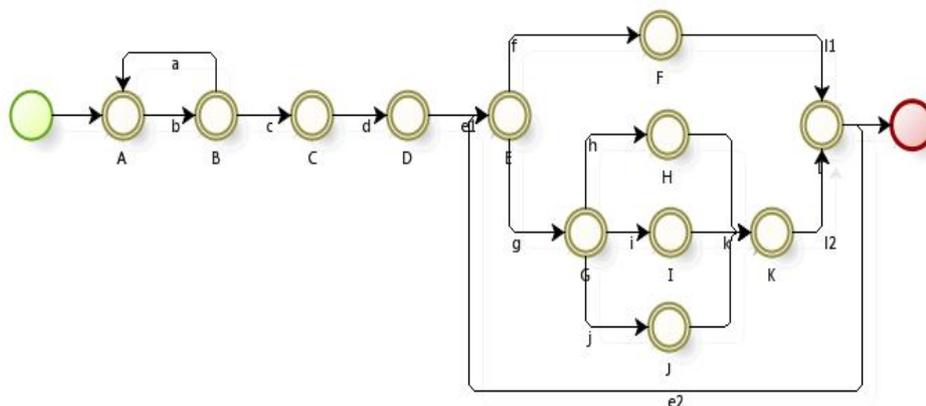
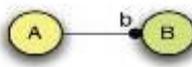
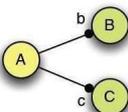
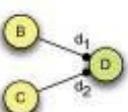
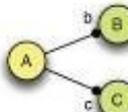
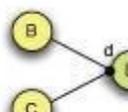


Рис. 2. Упрощенный вид бизнес-процесса переключения освещения

## Основные конструкции бизнес-процессов, описанные в нотации BPMN

1. Последовательность		$P = A   B ; A = \tau_A . \bar{b} \langle x \rangle . 0 ;$ $B = b(x) . \tau_B . B'$
2. Параллельное разделение		$P = A   (B   C) ;$ $A = \tau_A . (\bar{b} \langle x \rangle . 0   \bar{c} \langle x \rangle . 0) ;$ $B = b(x) . \tau_B . B' ; C = c(x) . \tau_C . C'$
3. Синхронизация		$P = (B   C)   D ; B = \tau_B . \bar{d}_1 \langle x \rangle . 0 ;$ $C = \tau_C . \bar{d}_2 \langle x \rangle . 0 ; D = d_1(x) . d_2(x) . \tau_D . D'$
4. Выбор		$P = A   (B + C) ;$ $A = \tau_A . (\bar{b} \langle x \rangle . 0 + \bar{c} \langle x \rangle . 0) ;$ $B = b(x) . \tau_B . B' ; C = c(x) . \tau_C . C'$
5. Объединение		$P = (B + C)   D ; B = \tau_B . \bar{d} \langle x \rangle . 0 ;$ $C = \tau_C . \bar{d} \langle x \rangle . 0 ; D = d(x) . \tau_D . D'$

Процессы, показанные на рис. 2, могут быть представлены в терминах пи-исчисления следующим образом:

$$A = !a(x) . \tau_A . \bar{b} \langle x \rangle . 0 ;$$

$$B = !b(x) . \tau_B . (\bar{a} \langle x \rangle . 0 + \bar{c} \langle x \rangle . 0) ;$$

$$C = c(x) . \tau_C . \bar{d} \langle x \rangle . 0 ;$$

$$D = d(x) . \tau_D . \bar{e} \langle x \rangle . 0 ;$$

$$E = e1(x) . !e2(x) . \tau_E . (\bar{f} \langle x \rangle . 0 | \bar{g} \langle x \rangle . 0) ;$$

$$F = !f(x) . \tau_F . \bar{l} \langle x \rangle . 0 ;$$

$$G = !g(x) . \tau_G . (\bar{h} \langle x \rangle . 0 + \bar{i} \langle x \rangle . 0 + \bar{j} \langle x \rangle . 0) ;$$

$$H = !h(x) . \tau_H . \bar{k} \langle x \rangle . 0 ;$$

$$I = !i(x) . \tau_I . \bar{k} \langle x \rangle . 0 ;$$

$$\begin{aligned}
 J &= !j(x).\tau_J.\bar{k}\langle x \rangle.0; \\
 K &= !k(x).\tau_K.\bar{l}2\langle x \rangle.0; \\
 L &= (!l1(x) | l2(x)).\tau_L.(\bar{e}2\langle x \rangle.0 + 0).
 \end{aligned}$$

Таким образом, весь бизнес-процесса переключения освещения может быть описан в виде следующих ниже выражений.

$$\begin{aligned}
 P &= A | B | (A + C) | D | E | (F | (G | H + I + J | K)) | L | (E + 0) \text{ или} \\
 P &= !a(x).\tau_A.\bar{b}\langle x \rangle.0 | !b(x).\tau_B.(\bar{a}\langle x \rangle.0 + \bar{c}\langle x \rangle.0) | (!a(x).\tau_A.\bar{b}\langle x \rangle.0) + (c(x).\tau_C.\bar{d}\langle x \rangle.0) | \\
 &d(x).\tau_D.\bar{e}\langle x \rangle.0 | e1(x).!e2(x).\tau_E.(\bar{f}\langle x \rangle.0 | \bar{g}\langle x \rangle.0) | (!f(x).\tau_F.\bar{l}1\langle x \rangle.0) | \\
 &(!g(x).\tau_G.(\bar{h}\langle x \rangle.0 + \bar{i}\langle x \rangle.0 + \bar{j}\langle x \rangle.0) | (!h(x).\tau_H.\bar{k}\langle x \rangle.0 + !i(x).\tau_I.\bar{k}\langle x \rangle.0 + !j(x).\tau_J.\bar{k}\langle x \rangle.0) | \\
 &!k(x).\tau_K.\bar{l}2\langle x \rangle.0) | (!l1(x) | l2(x)).\tau_L.(\bar{e}2\langle x \rangle.0 + 0) | (e1(x).!e2(x).\tau_E.(\bar{f}\langle x \rangle.0 | \bar{g}\langle x \rangle.0 + 0)
 \end{aligned}$$

### Выводы

Моделирование бизнес-процессов это эффективное средство поиска путей оптимизации, средство прогнозирования и минимизации рисков, возникающих на различных этапах управления процессами.

Использование BPMN в качестве нотации для моделирования бизнес-процессов, является мощным и современным инструментом. Этот инструмент нацелен на бизнес-аналитиков, архитекторов и разработчиков программного обеспечения. Данная нотация создавалась, как способ сделать более быстрой всю разработку деловых процессов, от их проектирования до внедрения, такая гибкость и простота осуществляется за счет процессно-ориентированного подхода к моделированию приложений.

Использование пи-счисления в качестве формального аппарата для описания моделей BPMN даёт возможность создавать средства имитационного моделирования бизнес-процессов и решать задачи верификации процессов.

Моделирование бизнес-процессов для управления уличным освещением с помощью BPMN-моделей и пи-исчисления позволило решить задачи мониторинга и диагностики сетей, управления переключениями и учета энергопотребления, а также более рационально организовать взаимодействие генерирующих компаний с конечными плательщиками электрической энергии.

### Литература

1. Михелев М.В. Формализация бизнеса с помощью графоаналитических моделей [Статья] / Михелев М.В., Маторин С.И. // «Научные ведомости БелГУ». Сер. «Информатика». – Белгород, 2009. – №1(56). – Выпуск №9/1. – С. 86-94.
2. Михелев М.В. Моделирование бизнес-процессов в управлении наружным освещением [Статья] / Михелев М.В., Маторин С.И. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – Курск, 2009. – №3. – С. 136-139.
3. R. Milner *Communicating and Mobile Systems: the  $\pi$ -Calculus*. Cambridge University Press, ISBN 052164320, 1999.

## FORMALIZATION MODELS OF PROCESSES ON THE BASIS OF PI-CALCULATION

S.I. MATORIN  
M.V. MIKHELEV

*Belgorod State University*

*e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

Discuss capacity of the mathematical description of visual graphic-analytical models, by means of the algebraic device "pi-calculation" by R.Milner, on an example of models control processes of outward illumination in standard BPMN.

Key-word: visual graphic-analytical design, automation of construction of diagrams, BPMN, pi-calculation, management outward illumination, business-process.

## ОПТИМИЗАЦИЯ НАКОПИТЕЛЬНЫХ ФОНДОВ ПО ДВУМ КРИТЕРИЯМ

**М.Ф. ТУБОЛЬЦЕВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: Tuboltsev@bsu.edu.ru*

Рассматриваются вопросы математического моделирования финансовых процессов накопительного типа. Отличительной особенностью постановки рассматриваемой здесь задачи оптимизации является то, что оптимизация осуществляется по двум критериям, которые являются согласованными и хорошо дополняющими друг друга. В этой постановке модель создания накопительных фондов адекватно отражает реальную ситуацию, а задача оптимизации может иметь практические применения. Предложенный алгоритм решения задачи оптимизации допускает эффективную реализацию с помощью современных вычислительных средств.

Ключевые слова: финансовые потоки, оптимизация, накопительные фонды, моделирование, компьютерное моделирование.

### **Введение**

В условиях экономического кризиса накопительные фонды становятся хорошей альтернативой заимствованиям в качестве инструмента финансирования инвестиционных проектов [1]. В теоретическом плане вопросы оптимального накопления фондов являются проработанными для случая постоянного источника финансирования [2, 3, 4]. Однако в перечисленных работах имеется ряд ограничений, которые в условиях экономического кризиса являются не обоснованными и затрудняют практическое использование методов оптимизации накопительных фондов.

В первую очередь, необходимо снять ограничение на постоянство во времени источника финансирования накопительных фондов. Сейчас, в условиях экономического и финансового кризиса, мощность источников финансирования уменьшилась по сравнению с докризисным периодом, но, в дальнейшем по мере преодоления кризиса, она может снова увеличиться. Для применений на практике достаточно считать, что мощность источника финансирования накопительных фондов  $U(t)$  является кусочно-постоянной функцией времени.

Вторым ограничением, редко выполняющимся в условиях кризиса, является требование постоянства процентных ставок, по которым начисляются проценты на средства накопительных фондов. Накопительные фонды формируются на счетах коммерческих банков. Банки устанавливают размеры ставок самостоятельно и могут их изменять в зависимости от экономической ситуации. Поэтому ставка процентов  $r(t)$  также является на практике кусочно-постоянной функцией времени.

Говоря об оптимизации накопительных фондов, следует задать критерии качества процесса их формирования в виде целевых функций. С теоретической и практической точек зрения наиболее важными являются задачи скорейшего накопления фондов и минимального вложения средств. Их целевые функции имеют следующий вид:

$$Z = \begin{cases} \int_{t_n}^{t_k} 1 dt = t_k - t_n, & \text{для задачи быстрого действия,} \\ \int_{t_n}^{t_k} \sum_{i=1}^N u_i(t) dt, & \text{для задачи минимизации вложений,} \end{cases} \quad (1)$$

здесь  $N$  – число накапливаемых фондов,  $u_i(t)$  – интенсивность вложений в накопительный фонд с номером  $i$ , а  $t_n$  – начало накопления фонда,  $t_k$  – момент окончания периода накопления. В случае постоянства ставок процентов и мощности источника финансирования обе задачи имеют простые алгоритмы решения [2,3], которые легко

могут быть реализованы с использованием электронных таблиц или математических пакетов. В общем случае требуется создание компьютерных систем для моделирования процессов создания накопительных фондов с использованием современных средств разработки.

Кроме минимизации целевой функции  $Z$  (точнее целевого функционала) большое практическое значение имеет минимизация мощности источника финансирования накопительных фондов. Минимизация функции должна осуществляться относительно некоторой нормы. Нормы можно задавать различными способами, которые отражают наиболее существенные требования к источнику финансирования. Если выбрать в качестве нормы максимум модуля функции, то минимум достигается на некоторой постоянной функции. Такой выбор снижает вероятность кассовых разрывов, поскольку локально минимизирует вложение средств.

Покажем на простом примере, что локальная минимизация вложения средств (при использовании равномерной нормы) может приводить к увеличению общей суммы вложений. Пусть фонд в размере  $S$  нужно сформировать за период времени  $T$ , используя постоянный источник финансирования мощности  $U$ . Ставку процентов  $r$  будем считать постоянной (сила роста  $p = \ln(1+r)$  также будет постоянной). Если  $t_a$  – момент окончания периода активного накопления (увеличение фонда происходит как за счет капитализации процентов, так и за счет вложения средств), то

$$S = \int_{t_n}^{t_a} U \exp(p(t_k - t)) dt = \frac{U}{p} (\exp(t_k - t_n) - \exp(t_k - t_a)). \quad (2)$$

Поскольку  $T = t_k - t_n$ , а длительность периода активного накопления  $T_a = t_a - t_n$  находим:

$$T_a = -\frac{1}{p} \ln \left( 1 - \frac{Sp}{U} \exp(-pT) \right). \quad (3)$$

Общая сумма вложений средств в накопительный фонд  $Q = UT_a$ , и частная производная  $Q'_U < 0$ . Это доказывает, что снижение мощности источника финансирования увеличивает общую сумму средств, потраченных на формирование фонда. Кроме этого очевидно, что минимальное значения  $U$  достигается тогда, когда  $T_a = T$ , и из соотношения (3) получаем:

$$U_{\min} = \frac{Sp}{\exp(pT) - 1}. \quad (4)$$

Таким образом, в случае одного фонда минимум мощности постоянного источника финансирования достигается тогда, когда решение задачи быстрого действия совпадает с решением задачи минимизации вложений. Далее будет показано, что данный факт имеет место в значительно более общем контексте.

### **Теоретический анализ**

Уточним постановку задачи формирования накопительных фондов. Пусть функция времени  $x_i(t)$ ,  $i=1,2,\dots,N$ , представляет собой размер фонда с номером  $i$  в момент времени  $t$ , а общее число фондов  $N$ . В начальный момент времени  $t_n$ , когда фонды только начинают создаваться, их размеры равны 0; а к некоторому моменту времени  $t_k$  все фонды должны иметь фиксированные заранее заданные размеры  $S_i > 0$ .

Математическая модель создания накопительных фондов задается следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\dot{x}_i(t) = p_i(t)x_i(t) + u_i(t), \quad (5)$$

где точкой обозначен оператор дифференцирования по времени, а  $p_i = \ln(1+r_i(t))$ . Должны выполняться также следующие ограничения:  $u_i(t) \geq 0$ ,  $U(t) > 0$ ,  $\sum u_i(t) \leq U(t)$  и начальные условия:  $x_i(t_n) = 0$ ,  $x_i(t_k) = S_i$ . Теперь оптимизационную задачу можно сформулировать следующим образом:



$$\begin{aligned}
 Z &\rightarrow \min, \\
 \|U(t)\| &\rightarrow \min, \\
 \dot{x}_i(t) &= p_i(t)x_i(t) + u_i(t), \\
 x_i(t_n) &= 0, x_i(t_k) = S_i, \\
 u_i(t) &\geq 0, \\
 \sum_{i=1}^N u_i(t) &\leq U(t), \\
 U(t) &\geq 0.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Принцип максимума Понтрягина позволяет дать эффективное решение рассматриваемой оптимизационной задачи (6), если убрать  $\|U(t)\| \rightarrow \min$  [5,6]. Будем временно считать, что это условие снято, а  $U(t)$  – некоторая фиксированная функция. Введем обозначение:

$$P_i(t) = \int_{t_n}^t p_i(s) ds, \tag{7}$$

т.е.  $P_i(t)$  есть одна из первообразных для силы роста  $p_i(t)$  фонда с номером  $i$ . Поскольку во всех формулах используется разность первообразных, то не играет роли, какая из первообразных функций взята. Тогда имеет место равенство:

$$x_i(t) = \int_{t_n}^t e^{P_i(t)-P_i(s)} u_i(s) ds. \tag{8}$$

Пусть  $y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$  – вектор решений сопряженной системы уравнений:

$$\dot{y}_i(t) = -p_i(t) y_i(t). \tag{9}$$

Система (9) имеет очевидные решения

$$y_i(t) = C_i e^{-P_i(t)}. \tag{10}$$

Пусть  $x^*$  и  $u^*$  решения оптимальной задачи, тогда согласно принципу максимума

$$H(x^*, y, u^*) = \max H(x^*, y, u), 0 \leq u \leq U(t), \tag{11}$$

где гамильтониан  $H(x, y, u)$  будет иметь в зависимости от целевой функции оптимизационной задачи следующий вид:

$$H(x, y, u) = \begin{cases} \sum_{i=1}^N y_i(t)(p_i(t)x_i(t) + u_i(t)) - 1, \\ \sum_{i=1}^N y_i(t)(p_i(t)x_i(t) + u_i(t)) - \sum_{i=1}^N u_i(t). \end{cases} \tag{12}$$

Здесь верхняя строка соответствует целевой функции в задаче быстрогодействия, а вторая строка – задаче минимизации вложений. С учетом (12) условие принципа максимума для этих задач может быть преобразовано к виду:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N y_i(t) u_i^*(t) = U(t) \max y_i(t), \\ \sum_{i=1}^N (y_i(t) - 1) u_i^*(t) = U(t) \max \{(y_i(t) - 1), 0\}, \end{cases} \tag{13}$$

где  $u_i^*(t)$  – оптимальное управление, а  $y_i(t)$  – определяется условием (10).

Условия (13) для задачи быстрогодействия позволяют сделать вывод о том, что оптимальное управление  $u_i^*(t)$  для каждого фонда представляет собой сужение функции  $U(t)$  на один или несколько интервалов внутри интервала  $[t_n, t_k]$ . В каждый момент времени источник финансирования используется для активного (с вложением средств) накопления только одного фонда, остальные фонды в это время увеличиваются только за счет капитализации процентов. Для задачи минимизации вложений

может существовать последний интервал, на которой все фонды находятся в режиме пассивного накопления. Последовательность переключения управления полностью определяется условиями (10) и (13). Существуют различные способы построения оптимального управления, но все они требуют большого количества машинных вычислений [7, с.135].

В общем случае интервалы активного и пассивного (только за счет капитализации) накопления могут неоднократно чередоваться. В ряде случаев удается получить более точную информацию относительно переключения управлений. Важнейшим является случай, когда ставки процентов мажорируют одна другую, т.е. когда выполняется условие:

$$r_1(t) > r_2(t) > \dots > r_N(t), \quad (14)$$

где первоначальная нумерация, возможно, изменена так, чтобы выполнялось условие (14). Всюду в дальнейшем будем предполагать именно такой порядок нумерации фондов. Условию, аналогичному условию (14), очевидным образом, удовлетворяют также функции  $p_i(t)$  и  $P_i(t)$ . Из этого следует, что сопряженные функции  $y_i(t)$  внутри интервала  $[t_n, t_k]$  либо мажорируют одна другую, либо пересекаются в единственной точке.

Для любого допустимого управления неприемлемо, когда одна сопряженная функция  $y_i(t)$  мажорирует другую сопряженную функцию  $y_j(t)$ , поскольку тогда фонд с номером  $j$  не имеет активного периода накопления и, следовательно, равен 0 в силу равенства (8). Поэтому сопряженные функции должны последовательно пересекаться в порядке номеров. Оптимальное управление, в этом случае, устроено особенно просто: все средства источника финансирования вкладываются последовательно в один из накопительных фондов в порядке убывания ставок процентов. Для задачи минимизации вложений в конце может (как правило) находиться один общий для всех фондов период пассивного накопления.

### **Методика применения**

Для нахождения моментов переключения управления достаточно (в случае задачи минимизации вложений) знать порядок переключения, поскольку граничные условия и соотношения (8) моменты переключения полностью определяют. Пусть моменты переключения управления  $t_1, t_2, \dots, t_{N-1}, t_N$  удовлетворяют неравенствам  $t_n = t_0 < t_1 < \dots < t_N \leq t_k$ , тогда выполняются соотношения:

$$\int_{t_{i-1}}^{t_i} e^{P_i(t_k) - P_i(s)} U(s) ds = S_i, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (15)$$

Моменты переключения управления находятся последовательно, начиная с первого. За исключением случая, когда ставки процентов постоянны, для решения системы уравнений (15) необходимо использовать вычислительную технику.

Задача быстрогодействия решается сложнее, поскольку момент времени  $t_k$  не задан, а  $t_N = t_k$ . Наиболее простой (но возможно наименее эффективный) способ определения моментов переключения управления состоит в том, чтобы задавать некоторым специальным образом моменты времени  $t_k$  так, чтобы при решении задачи минимизации вложений разность  $t_k - t_N$  стремилась к нулю. В пределе получается решение задачи быстрогодействия, поскольку интервал пассивного накопления отсутствует.

Рассмотрим теперь двухкритериальную задачу (6). Для ее формулировки необходимо зафиксировать некоторую норму на множестве функций с областью определения  $[t_n, t_k]$ . Выбор нормы очень важен, так как он отражает наиболее важные требования к источнику финансирования. Поскольку инструмент накопительных фондов наиболее интересен в контексте агрегирования средств постоянных, маломощных источников, таких как торговые сборы, пошлины и т.п., использование равномерной нормы вполне приемлемо. В этом случае минимум достигается на постоянных функ-



циях. В принципе возможно применение и других норм, но такой выбор всегда должен быть основан на существенных требованиях к источнику финансирования.

При любом выборе нормы, решение задачи (6) на качественном уровне очевидно: двухкритериальное решение будет оптимальным, если решение задачи на минимум вложений будет одновременно и решением задачи быстродействия. Конкретный вид нормы может только усложнить или упростить численное решение задачи. При равномерной норме и постоянных ставках процентов система уравнений (15) особенно упрощается:

$$\begin{cases} S_1 = \frac{U}{p_1} (e^{p_1(t_k-t_n)} - e^{p_1(t_k-t_1)}), \\ S_2 = \frac{U}{p_2} (e^{p_2(t_k-t_1)} - e^{p_2(t_k-t_2)}), \\ \dots \\ S_N = \frac{U}{p_N} (e^{p_N(t_k-t_{N-1})} - 1). \end{cases} \quad (16)$$

Система уравнений (16) имеет N уравнений с N неизвестными  $t_1, t_2, \dots, t_{N-1}$  и U. Решая систему (16), находим моменты переключения и минимальную мощность источника финансирования достаточную для накопления фондов. Рассмотрим конкретный пример.

Пусть размер первого фонда  $S_1=1$  млн. рублей и на него начисляются проценты из расчета 10% годовых, второго  $S_2=2$  млн. рублей и ставка 15% годовых. Накопление фондов начато 1.2.2008 и должно завершиться 1.9.2008. При какой минимальной интенсивности вложений можно осуществить накопление в заданные сроки? Решение системы уравнений (10) дает для минимальной интенсивности источника значение  $U_{\min}=13567$  рублей/день. Источник такой интенсивности вполне может быть создан на основе торговых сборов небольшого муниципального образования.

Задача (6) является весьма полезной на практике, поскольку позволяет путем не очень сложных вычислений оценить реальные возможности и риски. Знание предельного значения источника финансирования инвестиционных или иных программ, поможет предвидеть возможные кассовые разрывы и другие потенциальные проблемы финансирования, способные привести к негативным последствиям. Оценка минимального достаточного потока средств должна быть первым этапом расчета финансового инвестиционного плана.

### Литература

1. Тубольцев М.Ф. Методы оптимального накопления фондов в бюджете развития муниципального образования // Научная мысль Кавказа. – 2005. – №8. – С.82-91.
2. Тубольцев М.Ф. Оптимальные по быстродействию стратегии создания накопительных фондов // «Научные ведомости», серия «Информатика, Прикладная математика, Управление», том 1 выпуск 1(19). – Белгород: Изд-во БелГУ, 2004. – С.65-70.
3. Тубольцев М.Ф. Оптимальные по критерию минимума вложения средств стратегии создания накопительных фондов. // «Научные ведомости», серия «Информатика, Прикладная математика, Управление», № 1 (21) выпуск 2. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – С.50-55.
4. Тубольцев М.Ф. Математическое моделирование систем накопительных фондов // «Информационные технологии моделирования и управления», выпуск 8(33). – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2006. – С. 990-995.
5. Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Понтрягин Л.С. К теории оптимальных процессов, ДАН СССР, 110, №1 (1956). – С.7-10.
6. Л.С.Понтрягин, В.Г.Болтянский, Р.В.Гамкрелидзе, Е.Ф.Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. – 4-е изд. – М.: Наука, 1983. – 392 с.
7. Благодатских В.И. Введение в оптимальное управление (линейная теория): Учебник/ В.И. Благодатских. Под ред. В.А. Садовниченко. – М.: Высш.шк., 2001. – 239 с.: ил.



## OPTIMIZATION OF ACCUMULATIVE FUNDS BY TWO CRITERIA

M.F. TUBOLTSEV

*Belgorod State University*

*e-mail: Tuboltsev@bsu.edu.ru*

Questions of mathematical modeling of financial processes of memory type are considered. Distinctive feature of statement of a problem of optimization considered here is that optimization is carried out by two criteria which are coordinated and well supplementing each other.

In this statement the model of creation of memory funds adequately reflects a real situation, and the optimization problem can have practical applications. The offered algorithm of the decision of a problem of optimization supposes effective realization by means of modern computing means.

Keywords: financial streams, optimization, memory funds, modeling, computer modeling.

## СЕМАНТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ РЕЧЕВЫХ ДАННЫХ

**С.И. Маторин**  
**А.Г. Жихарев**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

Рассматривается проблема понимания речи как неотъемлемая часть процесса обработки речевых данных. Приводится модель процесса понимания знаков. Описывается новая методология представления знаний в ЭВМ на основе системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект».

Ключевые слова: визуальное графоаналитическое моделирование, УФО-технология, автоматизация построения диаграмм, обработка речевых данных, понимание речи.

### **Введение**

Человек и ЭВМ – сейчас эти понятия становятся все ближе и ближе. На современном этапе развития человечества уже трудно представить нашу обыденную жизнь без цифровой техники. Быстрыми темпами во все сферы человеческой деятельности внедряются системы автоматической и автоматизированной обработки информации, поэтому человеку приходится взаимодействовать с ЭВМ, передавать ей информацию на обработку и получать соответствующие результаты. Это взаимодействие (человек – ЭВМ) может быть реализовано традиционно в виде формальных команд, понятных ЭВМ, которые, в свою очередь, отдаются человеком посредством специальных устройств. В настоящее время, однако, все большее значение приобретает речевое взаимодействие человека с компьютером, обеспечение которого требует решения следующих задач:

- распознавание речи, в результате чего в ЭВМ формируется массив знаков, соответствующих произнесенным звуковым сигналам, представляющим слова и выражения;
- понимание речи, в результате чего в ЭВМ на основе сформированного ранее массива знаков формируется ожидаемый человеком результат речевого воздействия.

Полноценная обработка речевых данных возможна только в результате решения обоих упомянутых задач. При этом понимание речи, т.е. естественного языка (ЕЯ) на сегодняшний день продолжает оставаться нерешенной до конца проблемой.

### **Моделирование понимания речи**

Что происходит, когда человек слышит речь? Здесь возможны две ситуации. У человека имеются ранее приобретенные знания, связанные с понятием, представленным распознанными из речевых данных знаками. В таком случае у человека посредством оперирования имеющимися знаниями, связанными с услышанным понятием, возникают различные ассоциации. Например, представим себе, что человек распознал слово «стол». При этом у него имеются знания, что «стол» – это предмет мебели, состоит из нескольких частей (полотно и четыре ножки), используется для удобного расположения предметов. Возникают образы стола и ассоциирующихся с ним объектов: «стул», «работа», «кабинет» и др. Все эти процессы происходят за счет того, что ранее человеком были приобретены знания в данной предметной области и в момент произношения звуков, составляющих слово «стол», у него имеются знания о соответствующем понятии. Если же для человека распознанное слово не связано с известным понятием, то запускаются процессы получения знаний о понятии, представляемым распознанным словом.

В настоящее время практически все компьютерные системы, основанные на знаниях (СОЗ), организованы по описанному выше в общих чертах алгоритму. СОЗ использует знания, представленные определенным образом, и различные ассоциации и механизмы вывода, посредством которых и имитируется «мышление», «познание» и «обучение».

Как видно из рис. 1, на входе в СОЗ могут быть либо речевые данные, соответствующие самому понятию, либо речевые данные, соответствующие информации о понятии (в том случае, если исходное понятие не известно системе), а на выходе будет ответная реакция системы на внешнее «раздражение» речевыми данными.



Рис. 1. Модель реакции системы на «раздражение» ее речевыми данными

Как было упомянуто выше, при идентификации речевых данных необходимо осуществить проверку, имеются ли связанные с ним знания. Для этого служит краткосрочная память, которая играет роль индекса содержимого базы знаний, т.е. здесь проиндексированы все понятия, используемые в базе знаний, для быстрого поиска и сравнения понятий, соответствующих речевым данным из внешнего источника информации. Механизмы вывода являются интерфейсом между внешним источником речевых данных и базой знаний, т.е. с помощью данных механизмов и осуществляется оперирование со знаниями, содержащимися в базе знаний. База знаний представляет собой долгосрочное хранилище знаний, в котором они (знания) представлены определенным образом. От способа представления знаний зависит вся работа СОЗ: ее эффективность, скорость и качество.

Рассмотренный выше подход к пониманию и его моделированию позволяет рассматривать результат понимания как результат когнитивного информационного процесса. Данный подход к результату понимания позволяет выбрать для его моделирования такой объект, модель которого обеспечит имитацию понимания средствами ЭВМ.

Чтобы обосновать предлагаемый в соответствии с принятой стратегией метод моделирования понимания, необходимо обосновать выбор объекта моделирования, а для этого необходимо определить, что же все-таки является результатом понимания знаков ЕЯ, т.е., в данном случае речи, человеком.

Для решения данной задачи разработана **схема понимания знака** [1], основанная на данных экспериментальной психологии, нейропсихологии и когнитологии. Схема иллюстрирует когнитивный информационный процесс понимания смысла знака ЕЯ (см. рис. 2).

Процесс понимания знака включает этапы **отражения** его в сознании человека и **собственно понимания**. Несмотря на единство этих этапов, между ними существуют принципиальные различия. Рассмотрим сначала процесс отражения любого материального объекта в сознании человека. При воздействии материального объекта  $Y$  на органы чувств в сознании возникают ощущения, при «сложении» которых на уровне восприятия формируется образ конкретного объекта ( $Y_{ко}$  – конкретный образ). При повторных восприятиях данного объекта или объектов данного типа действует **механизм суммации**. В результате в сознании человека фиксируются повторяющиеся, общие, чувственно воспринимаемые признаки объектов, что приводит к



формированию обобщенного образа ( $Y_{oo}$ ) объектов данного типа на уровне представления.

С накоплением опыта индивида по отражению объектов материального мира и при достижении определенного уровня обобщения начинает действовать **механизм активного поиска** и формируется **абстрактный образ** ( $Y_{ao}$ ) объектов данного класса или понятие данного класса объектов на уровне абстрактного отражения (теоретического или словесно-логического мышления). Благодаря логике, по которой работает механизм активного поиска, абстрактный образ содержит существенные признаки отражаемого класса объектов, т. е. в нем человек познает сущность объектов материального мира.

Если индивид сформировал абстрактный образ некоторого класса объектов, то в процессе **опознания** объекта этого класса от  $Y_{ko}$  из-за **ассоциации по сходству** возбудится  $Y_{oo}$ , а затем из-за **ассоциации по смежности** –  $Y_{ao}$ . В результате опознания конкретный воспринимаемый объект  $Y$  соотнесется с соответствующим классом объектов. Действующие при этом механизмы суммации и активного поиска могут повысить степень обобщения и степень абстракции образов.

На первом этапе процесса понимания знака  $X$  в результате его отражения и опознания как некоторого объекта в сознании человека возбуждятся конкретный, обобщенный и абстрактный образы –  $X_{ko}$ ,  $X_{oo}$ ,  $X_{ao}$  соответственно. Сущность знака заключается в обозначении им другого объекта, поэтому можно предположить, что знак, известный человеку, отразится в сознании именно до уровня абстрактного образа.

На втором этапе процесса понимания знака совершается переход по ассоциации по смежности (значению) от  $X_{ao}$  к образу объекта  $Y$ . Таким образом, осуществляется собственно понимание знака  $X$ .

Переход от образа знака ( $X_{ao}$ ) к образу объекта ( $Y_{ao}$ ) сводится к использованию возникающей в сознании в процессе формирования понятия (объекта  $Y$ ) ассоциации по смежности между данным знаком для абстрактного образа данного объекта и системой других знаков, т. е. абстрактных образов (понятий). Вся разница между  $X_{ao}$  и  $Y_{ao}$  состоит в том, что  $X_{ao}$  есть отдельно взятый знак, а  $Y_{ao}$  – тот же знак, но включенный в систему других знаков.

Переход от образа знака ( $X_{ao}$ ) к образу объекта ( $Y_{oo}$ ) сводится к использованию возникающей в сознании в процессе формирования понятия ( $Y_{ao}$ ) ассоциации по смежности между  $Y_{ao}$  и  $Y_{oo}$ , срабатывающей при опознании объектов класса.

Образы объекта, к которым по ассоциации по смежности осуществляется переход от образа знака, являются **смыслами**. Обобщенный смысл формируется на чувственном уровне, абстрактный – на абстрактном уровне отражения соответственно. Итак, **конкретным смыслом** назовем образ ( $Y_{ko}$ ) конкретного объекта в сознании человека на уровне восприятия, **обобщенным смыслом** – обобщенный образ ( $Y_{oo}$ ) данного типа объектов на уровне представления, **абстрактным смыслом** (понятием) – абстрактный образ ( $Y_{ao}$ ) класса объектов на уровне словесно-логического мышления.

Анализ функций участников знаковой ситуации позволяет рассматривать образ денотата, т. е. смысл, в качестве основного результата процесса понимания, что позволяет обосновать предлагаемый подход к моделированию понимания. Если процесс понимания знаков ЕЯ состоит в «реконструкции» их смысла как результата этого процесса, то формализация понимания должна осуществляться за счет формализации смысла знака. Причем такая формализация возможна, так как анализ когнитивных информационных процессов при понимании знаков показывает, что смысл сводится к конструктивному и осозаемому явлению – образу обозначенного знаком объекта. Образ объекта реальной действительности в сознании человека, как видно из схемы понимания знаков ЕЯ, обладает вполне определенными функциями в системе данного информационного процесса, структурой, свойствами и механизмами формирования.

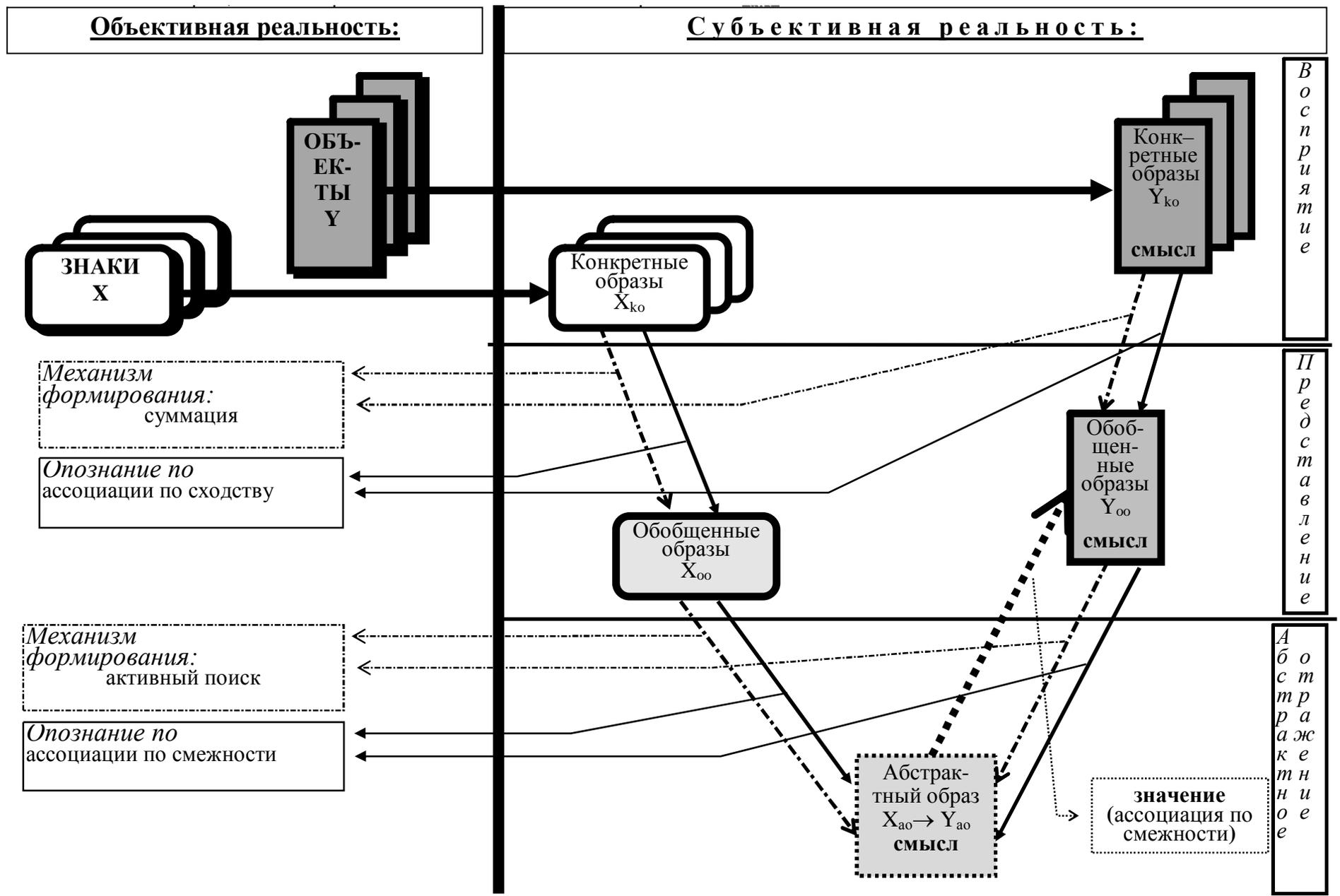


Рис. 2. Понимание знака как когнитивный информационный процесс



Рассмотрение понимания смысла знака как процесса инициации (возбуждения) образа объекта, обозначенного данным знаком, за счет ассоциации по смежности от образа знака позволяет практически решить задачу моделирования понимания. Это обусловлено тем, что модель понимания, при нашем подходе, есть модель образа объекта, конструктивно связанная с образом знака, способная возбуждаться под воздействием знаков, поступающих на вход ЭВМ. Конкретизация понимания и его результата позволяет выбрать объект моделирования, для которого возможно создание программного продукта в памяти ЭВМ.

### ***Представление знаний – основа семантической обработки речи***

Проблема понимания ЕЯ тесно связана с проблемой представления знаний в компьютерных системах, так как от того, как представлена информация об окружающем мире в ЭВМ, зависят все возможности по ее обработке.

Наиболее распространенными методами представления знаний в компьютерных системах являются: – сетевой метод; – производственный метод; – фреймовый метод.

Сетевой метод предполагает описание проблемной области посредством графа, узлами, которого являются понятия об объектах, свойствах, событиях и т.д., а дугами – отношения между ними. Достоинство семантических сетей – наглядность представления понятийных знаний, с их помощью удобно представлять причинно-следственные связи между элементами знаний, а также структуру сложной системы знаний. Недостаток таких сетей – сложность вывода, т.е. поиска подграфа, соответствующего запросу.

Суть производственного метода заключается в том, что в рамках данного подхода знания представляются в виде фактов и правил, например вида «ЕСЛИ...ТО...». При решении некой задачи факты сопоставляются правилам и, если правило выполняется – получаем новый факт; и так до тех пор, пока не будет решена задача. Достоинством производственной модели является удобство вывода. К недостаткам можно отнести: – представление только процедурных знаний; – сложность представления иерархии понятий; – процесс логического вывода трудно поддается управлению; – процесс проверки применимости правил занимает много времени.

В рамках фреймового подхода, знания представляются в виде фреймов, которые, в свою очередь, представляют собой структуру для описания стереотипной ситуации, ее характеристик и их значений. Ориентированность на описание стандартных типовых ситуаций является одновременно достоинством и недостатком фреймовых моделей.

Каждый из перечисленных методов, как правило, ориентирован на описание какой-либо одной стороны моделируемой системы (структурной – сети, функциональной – продукции, объектной – фреймы). Таким образом, современные методы представления знаний не позволяют всесторонне описать некоторый факт, что часто затрудняет решение проблем, связанных с пониманием компьютерными системами ЕЯ. Следовательно, задача создания способа представления знаний, который интегрировал бы в себе возможности традиционных способов является актуальной.

Подход «Узел–Функция–Объект» (УФО-подход) – современная графоаналитическая технология визуального моделирования систем [2, 3], в рамках которой любая система представляется в виде трех взаимосвязанных аспектов (и рассматривается, т.о. как УФО-элемент):

- узел – перекресток входящих и выходящих связей системы (структурная характеристика системы);
- функция – процесс, в рамках которого входящие связи системы преобразуются в выходящие связи (функциональная, динамическая характеристика системы);
- объект – сущность, реализующая выполнение функции (объектная, субстанциональная характеристика системы).

Каждый УФО-элемент может иметь иерархическую структуру, так как любой узел, любая функция и любой объект могут состоять из соответствующих элементов, также представляющих собой узлы, функции и объекты (УФО-элементы). С помощью такой иерархии можно описать любую систему, учитывая ее структурные, функциональные и объектные характеристики. По сути, конфигурации УФО-элементов представляют собой средство для хранения знаний. Таким образом, представление знаний с помощью узлов, функций и объектов дает полное описание представляемых знаний, их структурные, функциональные и объектные характеристики.

Например, смоделируем иерархию понятий из предметной области: «мебель и предметы быта». Определим основные типы связей между понятиями: часть – целое; родитель – потомок: потомок наследует все функции и объекты родителя.

Фрагмент модели иерархии понятий из данной предметной области представлен на рис. 3. На рисунке соединения отражают вид связи между понятиями, а не потоки.

Видно, что с помощью данного подхода очень удобно описывать иерархию понятий, т.к. узлы адекватно отображают понятийную структуру (родовидовые и целочастные отношения, а также любые ассоциации между понятиями), функции же позволяют описывать свойства понятий, а объекты – свойства этих свойств. Данный способ описания понятийной структуры позволяет, таким образом, строить концептуальные модели, удовлетворяющие требованиям естественной классификации [4].

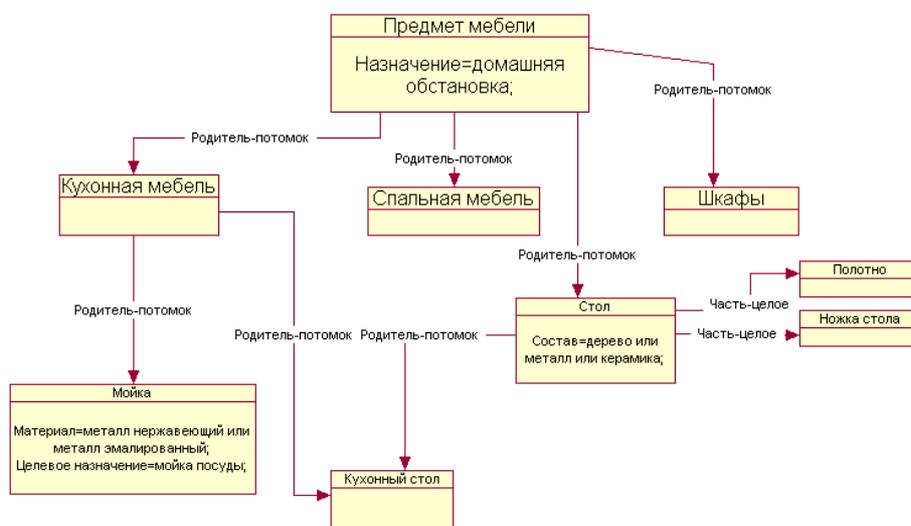


Рис.3. Фрагмент иерархии понятий в нотации УФО

При моделировании понимания речи одним описанием структуры разговорных понятий не обойтись, т.к. очень трудно реализовать механизм логического вывода или какие – либо другие операции с понятиями. Для решения данной проблемы необходимо хранить правила выводов, т.е. метазнаний. Данные правила удобно представить в виде продукций, которые так же можно смоделировать с помощью УФО-подхода. Например, рассмотрим систему продукций для рассматриваемой предметной области. Фрагмент иерархии продукций в нотации «узел-функция-объект» представлен на рис. 4.

В случае описания системы продукций узлы выступают в роли элементов группировки правил по определенной теме, функции – определяют правила, относящиеся к определенному узлу, объекты – описывают структуру правила, т.е. каждому свойству правила (назначение, состав, предмет мебели т.п.) соответствует объект в нотации УФО. Связи между узлами передают значения свойств правил, например, значение

свойства «состав» (см. рис. 5). В виде диаграммы представленная на рисунке 4 иерархия продукции будет выглядеть следующим образом (см. рис. 5).

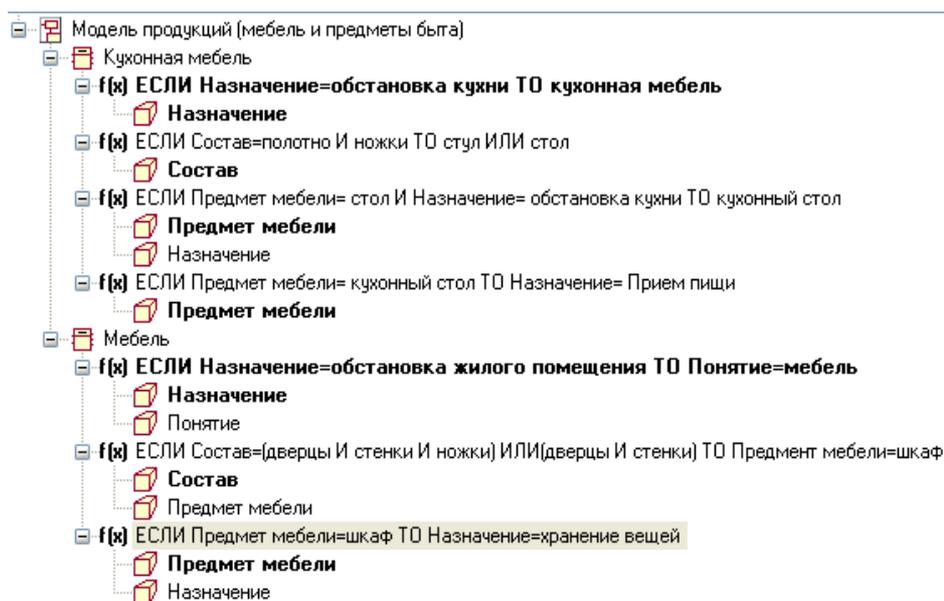


Рис. 4. Иерархия продукции (мебели и предметы быта)

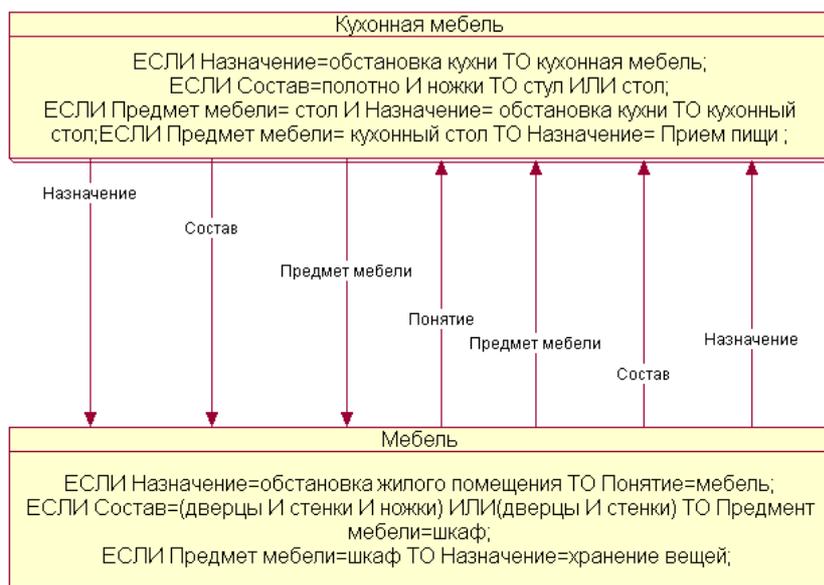


Рис. 5. Модель системы продукции в нотации УФО

## Выводы

Можно сделать вывод, что хранение знаний с помощью узлов функций и объектов дает подробное и полное описание фактов, явлений и т.п., т.е. понятий естественного языка. Поэтому реализация метода представления знаний на основе УФО-подхода позволит интегрировать традиционные способы представления знаний в один универсальный способ, за счет чего повысится эффективность не только понимания речи машиной, но и работы со знаниями в целом.

## Литература

1. Маторин С.И. О моделировании интеллектуального понимания языка делового общения // НТИ. Сер. 2. 1997. – №4 – С. 1-9.



2. *Маторин С.И.* О новом методе системологического анализа, согласованном с процедурой объектно-ориентированного проектирования. Ч.2 // Кибернетика и системный анализ. 2002. – №1. – С. 118-130.
3. *Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г.* Технология информационного обеспечения управления на основе системно-объектного подхода «Узел–Функция–Объект» // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. 2007. – №39. – С. 106-118.
4. *Бондаренко М.Ф., Маторин С.И., Соловьева Е.А.* Системологический классификационный анализ слабоформализованных проблемных областей // Искусственный интеллект. 1999. – №2. – С 263-270.

## SEMANTIC ASPECTS OF PROCESSING OF THE SPEECH DATA

S.I. MATORIN  
A.G. ZHIKHAREV

*Belgorod State University*

*e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

The problem of understanding of speech as the integral part of process of processing of the speech data is considered. The model of process of understanding of marks is resulted. The new methodology of representation of knowledge in the computer on a basis of the approach "Unit – Function-Object" is described.

Key words: visual modeling, UFO-TECHNOLOGY, automation of construction of the diagrams, processing of the speech data, understanding of speech.

## СПОСОБЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ КРЕДИТОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ

**О.П. Пусная**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: pusnaya@bsu.edu.ru*

В данной статье рассматриваются современные способы принятия решения кредитования физических лиц банками.

Ключевые слова: кредитоспособность, скоринг кредитование, критерии, альтернатива, дерево решений, задача классификации.

В настоящее время в России наблюдается постепенное увеличение жизненного уровня населения. Складывающаяся ситуация явилась одной из основных причин развития рынка кредитования частных лиц: выдачи потребительских кредитов, автокредитования, ипотечного кредитования, образовательного кредитования, кредитования при помощи пластиковых карт. Кредит (от лат. «kreditum») — ссуда, в денежной или товарной форме на условиях возвратности, платности и срочности. Кризис в мировой экономике привел к увеличению процента невозврата по кредитам, что заставляет банки пересматривать и ужесточать кредитную политику.

Можно рассмотреть цепочку связанных событий: чем меньше рискует банк при предоставлении кредита, тем меньше процентная ставка, предлагаемая этим банком; чем меньше процентная ставка, тем больше клиентов обратится именно в этот банк; чем больше клиентов обратится в банк, тем большую прибыль получит банк, а это одна из основных целей коммерческой деятельности.

Риск, связанный с невозвратом суммы основного долга и процентов, можно значительно снизить, оценивая вероятность возврата заемщиком кредита. Кредитоспособность клиента коммерческого банка – способность заемщика полностью и в срок рассчитаться по своим долговым обязательствам (основному долгу и процентам).

От степени достоверности оценки кредитоспособности физических лиц зависит весь процесс кредитования.

Для оценки кредитоспособности физических лиц банку необходимо оценить как финансовое положение заемщика, так и его личные качества. При этом кредитный риск складывается из риска невозврата основной суммы долга и процентов по этой сумме. Сейчас для оценки риска кредитования заемщика используется скоринг кредитование. Сущность этой методики состоит в том, что каждый фактор, характеризующий заемщика, имеет свою количественную оценку. Суммируя полученные баллы, можно получить оценку кредитоспособности физического лица. Каждый параметр имеет максимально возможный порог, который выше для важных вопросов и ниже для второстепенных. На сегодняшний день известно достаточно много методик кредитного скоринга. Одной из самых известных является модель Дюрана.

Процедура принятия решений состоит из пяти этапов:

- 1) задание критериев;
- 2) задание альтернатив;
- 3) задание дополнительной информации о критериях;
- 4) предварительный выбор альтернатив;
- 5) реализация метода ограничений [4]/

Основным недостатком скоринговой системы оценки кредитоспособности физических лиц является то, что она очень плохо адаптируема. А используемая для оценки кредитоспособности система, должна отвечать настоящему положению дел. Выделим основные проблемы, возникающие в процессе формирования кредитного скоринга:

- 1) у экспертов разные мнения по поводу набора критериев,
- 2) у экспертов разные мнения о сравнительной значимости критериев,
- 3) эксперты дают разные оценки альтернатив по критериям.

При формировании набора критериев необходимо привлекать несколько экспертов, с последующим объединением всех множеств в одно. Проще всего упорядо-

чить критерии по частоте упоминания и "подвести черту" в том месте, которое удовлетворяет заданному ограничению. При выборе сравнительной значимости возможно использовать метод построения компромиссной ранжировки. Каждый эксперт дает свою ранжировку критериев по важности. На основе индивидуальных ранжировок строится обобщенная. Это можно сделать разными методами. Наиболее корректным считается метод "медианы Кемени". [5] При оценке альтернатив по критериям необходимо подтвердить согласованность экспертных суждений. Если распределение оценок близко к Гауссовому, можно использовать стандартное отклонение. Если нет, нужно использовать непараметрические методы расчета согласованности.

Одним из вариантов решения вышепоставленной задачи является применение алгоритмов, решающих задачи классификации. Задача классификации – это задача отнесения какого-либо объекта к одному из заранее известных классов (Давать/Не давать кредит). Такого рода задачи с большим успехом решаются одним из методов Data Mining [6] – при помощи деревьев решений. Деревья решений – один из методов автоматического анализа данных. Получаемая модель – это способ правил в иерархической, последовательной структуре, где каждому объекту соответствует единственный узел, дающий решение.

Существуют критериальные методы, не учитывающие сравнительную важность критериев. Таков, например, классический метод выделения множества недоминируемых альтернатив (так называемого "множества Парето") [4], использование которого сводится к следующим действиям:

- 1) сформировать множество альтернативных вариантов решения,
- 2) получить результаты сравнения (например, попарного) альтернатив,
- 3) выбрать лучшую альтернативу, которая и выдается системой в качестве рекомендации.

Еще одним способом решения вопроса кредитоспособности является платформа Deductor [3]. Механизмы Deductor позволяют как создать консолидированное хранилище информации о заемщиках, обеспечивая к тому же и непротиворечивость хранимой информации, так и формализовать знания экспертов, создав модели классификации заемщиков с достоверностью более 90%, причем модель позволит принять решение о выдаче кредита или отказе практически мгновенно. Существующие модели имеют возможность периодически перестраиваться, учитывая динамику рынка. Таким образом можно поставить потребительское кредитование на поток.

Однако, во всех существующих методиках имеются недостатки, исправление которых является необходимым условием успешного развития кредитования и приведет к уменьшению рисков.

#### Литература

1. Финансы. Денежное обращение. Кредит: учебник для вузов / Под ред. проф. Г.Б. Полякова. – М.: ЮНИТА-ДАНА, 2002. – 512 с.
2. Глушкова Н.Б. Банковское дело: учебное пособие. – М.: Академический Проект; Альма Матер, 2005. – 432 с.
3. <http://www.basegroup.ru/solutions/case/credit/>
4. Черноуцкий И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 416 с.
5. <http://www.gorskiy.ru/>
6. Дик В.В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 300 с.

## WAYS OF INTELLECTUAL SUPPORT OF DECISION-MAKING OF CREDITING OF PHYSICAL PERSONS

O.P. Pusnaya

*Belgorod State University*

*e-mail: pusnaya@bsu.edu.ru*

The modern methods of decision-making of crediting of physical persons banks are examined in this article.

Keywords: solvency, scoring crediting, criteria, alternative, decision tree, task of classification.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ИКТ-КОМПЕТЕНЦИЙ

**С.В. ИГРУНОВА**  
**С.Н. ДЕВИЦЫНА**  
**Н.П. ПУТИВЦЕВА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: igrunova@bsu.edu.ru*

В статье на основе разработанной модели профессиональных компетенций в сфере ИКТ представлен анализ учебных планов специальностей факультета Компьютерных наук и телекоммуникаций и содержания учебных дисциплин.

Дисциплины каждого учебного плана были разбиты на классы в соответствии со сформулированными направлениями ИКТ-компетенций, на основе парных сравнений была определена относительная важность каждого из направлений ИКТ-компетенций для каждой из специальностей факультета, а также вклад каждой из дисциплин полученных классов в формирование того или иного из направлений

Ключевые слова: метод парных сравнений, информационные технологии оценки профессиональных компетенций, направления ИКТ-компетенций.

---

Как уже говорилось в предыдущей статье [2], важнейшей характеристикой специалиста является уровень его профессиональных компетенций, позволяющий выполнять работы по созданию и внедрению инноваций, включая процессы освоения уже имеющихся разработок, пригодных для использования в соответствующей профессиональной сфере.

В зависимости от масштабов востребованности тех или иных граней деятельности в профессиональной сфере выделены следующие ниши рынка труда:

- 1) *глобальный уровень конкурентоспособности;*
- 2) *уровень исполнителя;*
- 3) *уровень постановщика профессиональных задач;*
- 4) *уровень теоретика-специалиста.*

Были выделены пять направлений профессиональной деятельности специалиста по ИКТ, в соответствии с которыми формируются требования к содержанию дисциплин учебных планов.

Самое общее требование заключается в том, что в учебные планы должны быть включены дисциплины в полной мере отражающие все аспекты ИКТ сбора, хранения, обработки, передачи и выдачи в удобном для пользователя виде информации в информационно – телекоммуникационных системах (ИТС). При этом профессиональные компетенции должны формироваться на основе групп дисциплин, которые отражают следующие аспекты деятельности специалиста.

1. Дисциплины, содержание которых отражает основные аспекты собственно компьютерных технологий, которые служат платформой, обеспечивающей целостное представление о современной сфере ИКТ и областью пересечения профессиональных компетенций специалистов их разных направлений деятельности в области ИКТ (*КТ*).

2. Дисциплины, содержание которых отражает проблемы создания информационных хранилищ, включая распределенные базы данных (*ИХ*).

3. Дисциплины, содержание которых отражает проблемы обеспечения информационной безопасности (*Инф. безопасность*).

4. Дисциплины, содержание которых отражает проблемы передачи информации в ИТС (*Передача*).

5. Дисциплины, изучение которых позволяет осуществить анализ потребностей рынка труда в секторе преимущественной деятельности выпускника, включая возможности воздействий на него на основе учёта общественных потребностей в повышении эффективности соответствующих ИКТ (создание новых направлений развития ИКТ) (*Рынок*).

На основе разработанной модели профессиональных компетенций в сфере ИКТ был осуществлен анализ учебных планов специальностей факультета Компьютерных наук и телекоммуникаций (КНиТ) и содержания учебных дисциплин.

Дисциплины каждого учебного плана были разбиты на классы в соответствии со сформулированными направлениями ИКТ-компетенций. На основе парных сравнений была определена относительная важность каждого из направлений ИКТ-компетенций для каждой из специальностей факультета КНиТ, а также вклад каждой из дисциплин полученных классов в формирование того или иного из направлений (иерархия представлена на рис. 3).

Рассмотрим этот процесс более подробно на примере специальности 080801 «Прикладная информатика в экономике».

Экспертам были предложены для заполнения матрицы парных сравнений (рис. 1).

ПивЭ	ИКТ-комп	КомпТехн	ИнфХрани	Инф безог	Передача	Рынок		весомости
ИКТ	1	2	3	3	1	1,782602	0,321113	
ИХ	1/2	1	3	3	1/2	1,176079	0,211855	
Инф безог	1/3	1/3	1	1	1/3	0,517282	0,093182	
Передача	1/3	1/3	1	1	1	0,644394	0,116079	
Рынок	1	2	3	1	1	1,430969	0,257771	
	3,167	5,667	11,000	9,000	3,833	5,551	1,000	
$L_{max}$	5,275205							
ИС	0,068801							
ОС	0,06143							

Рис. 1. Пример заполненной матрицы парных сравнений

После групповой обработки результатов парных сравнений были получены результаты, представленные на рис. 2.

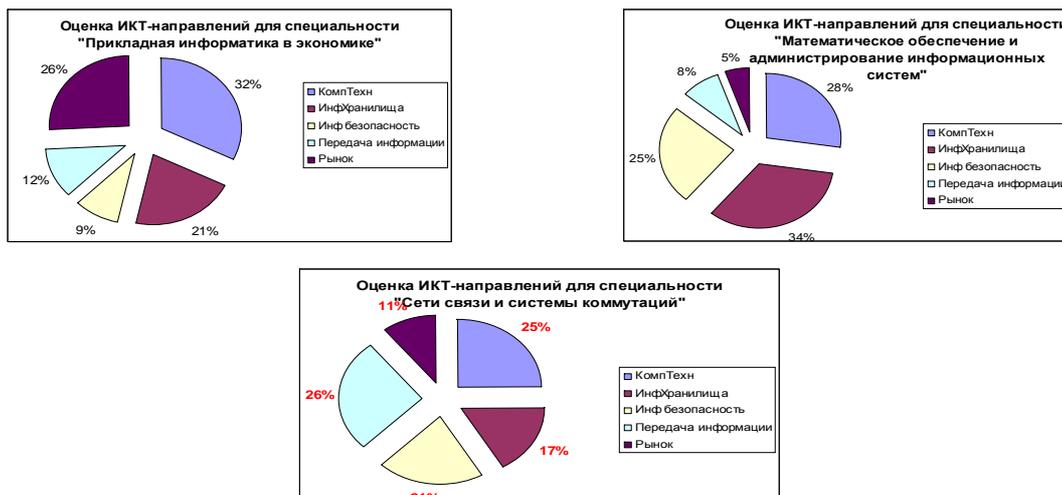


Рис. 2. Диаграммы оценки ИКТ-направлений по специальностям

Данные результаты показывают, что вклад каждого из направлений в общий уровень ИКТ-компетенции выпускника различается в зависимости от специальности.

Следующим этапом было разбиение дисциплин специальности на классы в соответствии с направлениями ИКТ-компетенций и формулировка ключевых компетенций по каждой дисциплине в соответствии с 4 уровнями.

На основе парных сравнений были получены весомости, отражающие вклад каждой дисциплины в то или иное направление ИКТ-компетенции (рис. 4).

Последним этапом стал проведенный анализ содержания дисциплин учебных планов специальностей. Оценивался вклад каждой из тем соответствующей дисциплины в формирование компетенций по каждому из направлений.

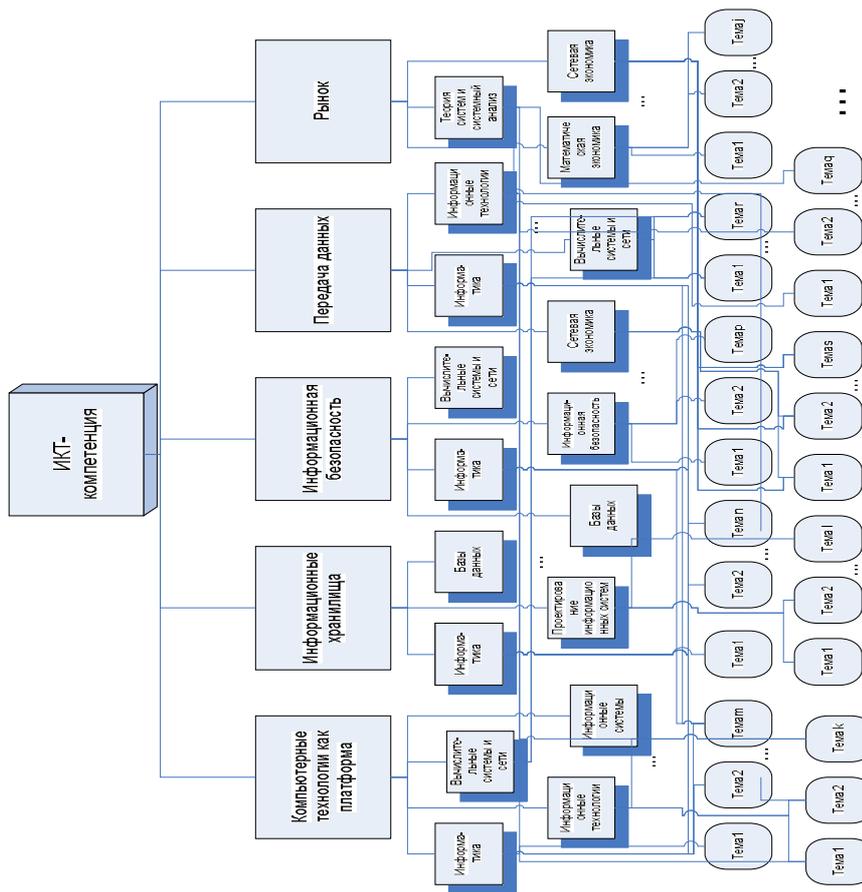


Рис.3. Иерархия профессиональных ИКТ-компетенций

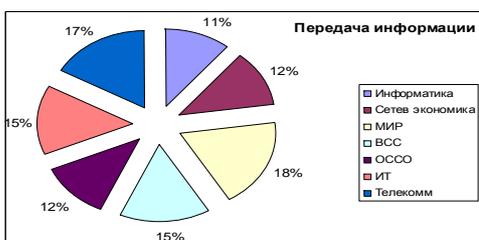


Рис. 4. Относительные важности дисциплин в классе «Передача информации»

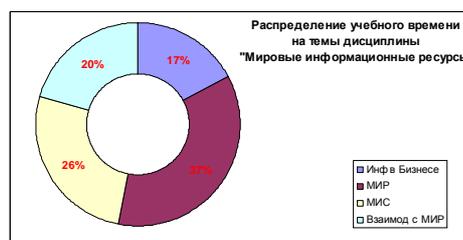


Рис. 5. Пример полученного распределения учебного времени по дисциплине

Также был проведен сравнительный анализ весомостей тех дисциплин, которые преподаются в одинаковом объеме на специальностях «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» и «Прикладная информатика в экономике». Проведенный анализ показал, что время на изучение тем, составляющих дисциплину, должно различаться в зависимости от специальности. Ниже приведены результаты по 2 дисциплинам учебного плана: «Информатика», в содержании которой выделены 7 тем, и «Операционные системы, среды и оболочки», состоит из 5 тем (рис. 6).

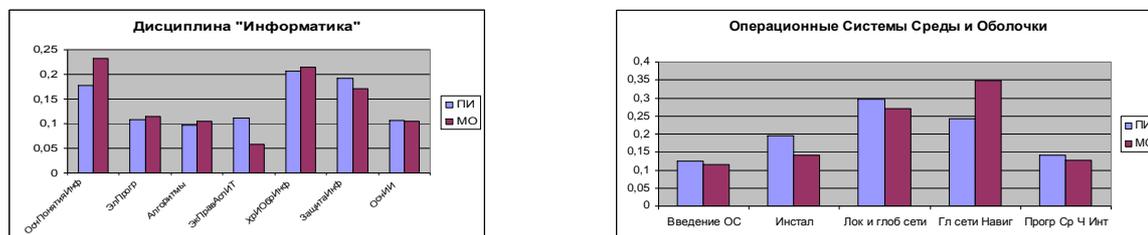


Рис. 6. Сравнительный анализ разделов дисциплин для разных специальностей

Таким образом, в работе представлен анализ учебных планов специальностей факультета Компьютерных наук и телекоммуникаций (КНиТ) и содержания учебных дисциплин. Дисциплины каждого учебного плана были разбиты на классы в соответствии со сформулированными направлениями ИКТ-компетенций, на основе парных сравнений была определена относительная важность каждого из направлений ИКТ-компетенций для каждой из специальностей факультета КНиТ, а также вклад каждой из дисциплин полученных классов в формирование того или иного из направлений

### Литература

1. Давыденко, Т.М. О кластерном подходе к формированию профессиональных компетенций [Текст] / Т.М. Давыденко, Е.Г. Жилияков // Высшее образование в России. – 2008. – №7. – С. 69 – 75.
2. Жилияков, Е.Г. Об использовании метода парных сравнений для принятия решений при оценивании уровня профессиональных компетенций обучаемых [Текст] / Е.Г. Жилияков, С.В. Игрунова, С.Н. Девитсына, Н.П. Путивцева, С.В. Мединцева, Ю.Г. Чашин // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2008. – № 10 (50). Вып. 8/1. – С. 65-73.

## THE APPLICATION OF THE METHOD OF PAIR COMPARISONS FOR THE ANALYSIS OF CURRICULA WITH THE USE OF THE MODEL OF PROFESSIONAL ICT-COMPETENCIES

S.V. IGRUNOVA  
S.N. DEVITSYNA  
N.P. PUTIVZEVA

*Belgorod State University*

*e-mail: igrunova@bsu.edu.ru*

In the article on the basis of the developed model of professional competences in the field of ICT the analysis of curricula of specialties of the faculty of Computer sciences and telecommunications and maintenance of educational disciplines is presented.

Disciplines of every curriculum were classified in accordance with the formulated directions of ICT-competence, on the basis of pair comparisons relative importance was certain each of directions of ICT-competence for each of specialties of faculty, and also deposit each of disciplines of the got classes in forming one or another from directions.

Key words: method of pair comparisons, information technologies of estimation of professional competences, directions of ICT-competences

---

---

# ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

---

---

УДК 32.884.1

## АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ МГНОВЕННОЙ ЧАСТОТЫ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ ДАТЧИКОВ

**А.М. ЛОГВИНОВ**  
**Ю.Е. ПОЛЕНОВА**  
**М.Г. ТРАВИН**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: travin@bsu.edu.ru*

В статье рассматриваются три алгоритма оценки мгновенной частоты сигнала в беспроводных сетях датчиков. Алгоритмы основаны на преобразовании Гильберта, вейвлете Хаара и методе обобщенного пакета функций (МОПФ). Приводятся полученные результаты как для численно моделируемых, так и для экспериментальных данных.

Ключевые слова: алгоритмы, мгновенная частота, беспроводные сети датчиков

---

### **Введение**

Проблема определения мгновенной частоты принимаемого сигнала очень важна во многих областях коммуникации, в том числе в беспроводных сетях датчиков получения и накопления данных на оборудовании нефтяных месторождений. В некоторых приложениях изучения нефтяных месторождений на пункт обработки передается малый объем данных измерений от датчика, расположенного в нескольких километрах под Землей. Двоичное частотно-модулированное кодирование (ДЧМК) представляет собой наиболее часто используемый метод передачи результатов измерений в беспроводных датчиках. Главная проблема этого метода передачи данных обусловлена значительной ограниченностью пространства и емкостью электропитания. В связи с этим задача разработки новых алгоритмов демодуляции сигнала является актуальной. Цель выполненной работы — разработать методы и алгоритмы определения мгновенной частоты сигнала, обладающие простотой программирования и аппаратной реализации. Для достижения поставленной цели исследованы три различных метода, основанных на преобразовании Гильберта [1], вейвлете Хаара [2] и методе обобщенного пакета функций (МОПФ) [3, 4, 6].

### **Математические модели частотно- и фазомодулированных сигналов**

При частотной модуляции (ЧМ) мгновенная частота несущей  $\omega_c$  изменяется линейно по закону модулирующего сигнала  $m(t)$  [5]. Таким образом,  $\omega_c$  можно записать как



$$\omega_i = \omega_c + k_f m(t), \tag{1}$$

где  $\omega_c$  — несущая частота;  $k_f$  — постоянная. Фазу  $\theta(t)$  можно представить в следующем виде:

$$\theta(t) = \int_{-\infty}^t [\omega_c + k_f m(\xi)] d\xi = \omega_c t + k_f \int_{-\infty}^t m(\xi) d\xi. \tag{2}$$

Следовательно, ЧМ-сигнал можно записать как

$$s(t) = A \times \cos \left[ \omega_c t + k_f \int_{-\infty}^t m(\xi) d\xi \right]. \tag{3}$$

В фазомодулированном (ФМ) сигнале вместо частоты линейно изменяется фаза  $\theta(t)$  по закону модулирующего сигнала:

$$\theta(t) = \omega_c t + k_p m(t), \tag{4}$$

а мгновенная частота  $\omega_i$  изменяется линейно производной этого сигнала:

$$\omega_i = \frac{d\theta}{dt} = \omega_c + k_p m(t). \tag{5}$$

Отсюда становится ясно, что ФМ и ЧМ тесно связаны. Как одна модуляция может быть получена из другой, изображено на рис. 1. Обычно используемые в беспроводных цифровых датчиках методы модуляции — ДЧМК и двоичное фазомодулированное кодирование (ДФМК) являются частными случаями ЧМ и ФМ, когда модулирующий сигнал  $m(t)$  принимает только бинарные значения. Хотя все результаты работы рассматриваемых в настоящей статье алгоритмов приводятся для обработки ЧМ-сигналов, они могут быть легко модифицированы для ФМ-сигналов.

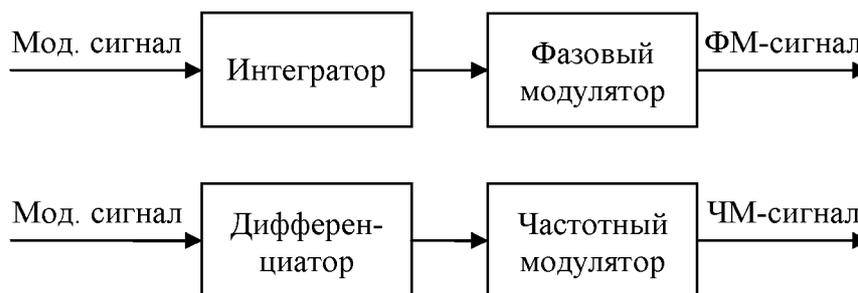


Рис. 1. Взаимосвязь между частотной и фазовой модуляциями

**Методы определения мгновенной частоты сигнала, основанные на преобразовании Гильберта, вейвлете Хаара и методе обобщенного пакета функций**

**Преобразование Гильберта.** Преобразование Гильберта сигнала  $s(t)$  порождает ортогональный ему сигнал  $s_h(t)$ . Угол комплексного сигнала  $s(t) + js_h(t)$  соответствует мгновенному значению фазы, а его производная — мгновенной частоте сигнала.

Пусть  $\hat{s}(\omega)$  — результат преобразования Фурье вещественного сигнала  $s(t)$ . Типичный амплитудный спектр сигнала  $s(t)$  представлен на рис. 2. Мы можем выделить сигнал  $s_+(t)$ , который содержит только положительные частоты  $s(t)$  умножением спектра  $\hat{s}(\omega)$  на функцию Хевисайда  $\hat{u}(\omega)$ :

$$\hat{s}_+(\omega) = \hat{s}(\omega)\hat{u}(\omega). \tag{6}$$

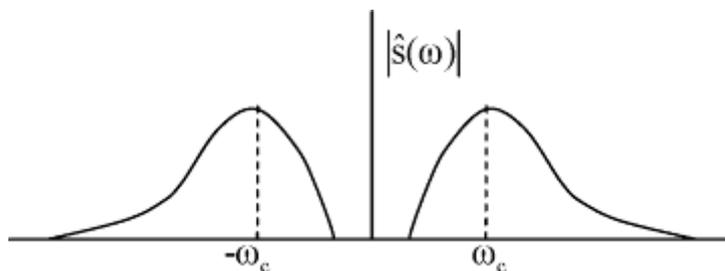


Рис. 2. Типичный амплитудный спектр сигнала

Из (6) получаем

$$2\hat{s}_+(\omega) = \hat{s}(\omega)[1 + \text{sgn}(\omega)] = \hat{s}(\omega) + j[-j \times \text{sgn}(\omega)\hat{s}(\omega)], \quad (7)$$

где  $[-j \times \text{sgn}(\omega)\hat{s}(\omega)]$  и есть  $\hat{s}_h(\omega)$ . Из (8) непосредственно вытекает, что сама функция  $s_h(t)$  преобразования Гильберта сигнала  $s(t)$  может быть определена из соотношения

$$s_h(t) = F^{-1}\{-j \times \text{sgn}(\omega)\hat{s}(\omega)\} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t - \tau} d\tau \quad (8)$$

где  $F^{-1}$  — обратное преобразование Фурье. Не сложно проверить, что функции ортогональны, т.е.  $\langle s(t), s_h(t) \rangle = 0 \Rightarrow s_h(t) \perp s(t)$ .

Когда мы получили ортогональный сигнал  $s_h(t)$ , мгновенные фаза и частота сигнала  $s(t)$  могут быть определены следующим образом [1]:

$$\theta(t) = \arctg \left\{ \frac{s_h(t)}{s(t)} \right\} \quad (9)$$

и

$$\omega_i(t) = \frac{d\theta}{dt} = \omega_c + k_f m(t). \quad (10)$$

**Вейвлет-преобразование.** По заложенной в нем идее алгоритм, основанный на вейвлет-анализе, аналогичен преобразованию Гильберта. Здесь также определяется ортогональный сигнал к принятому ЧМ-сигналу. Как следует из теории вейвлетов [2], исходный сигнал  $s(t)$  можно разложить на ортогональные составляющие  $f(t)$  и  $g(t)$ :

$$f(t) = \sum_k c_k \phi(at - k), \quad (11)$$

$$g(t) = \sum_k d_k \psi(at - k), \quad (12)$$

где параметр  $a$  зависит от частоты выборки сигнала  $s(t)$ . Базисные функции  $\phi(t)$  и  $\psi(t)$  соответствуют масштабирующей функции и вейвлету. Эти функции ортогональны друг другу, т.е.  $\langle \phi(at), \psi(at - l) \rangle = 0$  для любых  $l \in \mathbb{Z} := \{\dots, -1, 0, 1, \dots\}$ .

В наших исследованиях использовался самый простой вариант масштабирующей функции и вейвлета — функции Хаара, представленные на рис. 3. В этом случае коэффициенты  $\{c_k\}$  и  $\{d_k\}$  для  $a = 2$  определяются выражениями:

$$2c_k = s(k) + s(k + 1), \quad (13)$$

$$2d_k = s(k) - s(k + 1). \quad (14)$$

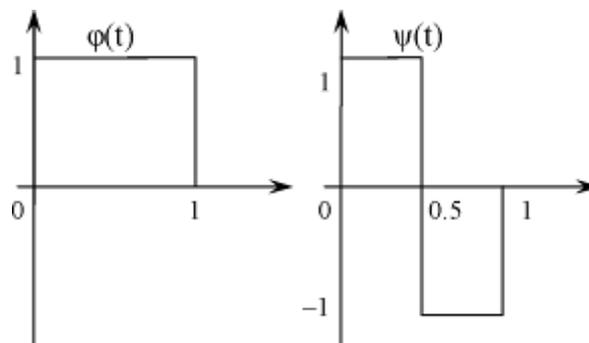


Рис. 3. Масштабирующая функция и вейвлет Хаара

Как и в случае преобразования Гильберта мы имеем дело с ортогональными сигналами, поэтому можем получить мгновенную фазу  $\theta_k := \theta(t_k)$ , где  $t_k = k\Delta t$ , следующим образом:

$$\theta_k = A_\psi \operatorname{arctg} \left\{ \frac{d_k}{c_k} \right\}, \quad (15)$$

где  $A_\psi$  — постоянная, зависящая от периода дискретизации  $\Delta t$ . Окончательно, производная от  $\{\theta_k\}$  дает мгновенную частоту.

**Метод обобщенного пакета функций.** Для заданного множества выборок  $\{f_i : i = 0, 1, \dots, N\}$  комплексной функции  $f(t)$  метод обобщенного пакета функций определяет множество комплексных коэффициентов  $\{c_k, \gamma_k : k = 1, 2, \dots, M\}$  таких, что

$$f_i := f(t_i) = \sum_{k=1}^M c_k \exp(\gamma_k t_i); \quad M < N, \quad (16)$$

где  $t_i = i\Delta t$  и  $\Delta t$  — период дискретизации. МОПФ имеет лучшие вычислительные характеристики по сравнению с последовательным методом Прони [7], который оперирует матричными уравнениями с неполными условиями и требует вычисления корней полиномов. МОПФ также обладает повышенной устойчивостью к шумовой составляющей сигнала [4]. Сам алгоритм вкратце описывается ниже.

Рассмотрим множество векторов выборок сигнала  $\{f_i\}$ :

$$\mathbf{F}_i := [f_i \quad f_{i+1} \quad \dots \quad f_{i+N-L-1}]^T; \quad (17)$$

$$0 \leq i \leq L,$$

и образуем матрицы размером  $(N-L) \times L$ :

$$\mathbf{A}_1 = [\mathbf{F}_0 \quad \mathbf{F}_1 \quad \dots \quad \mathbf{F}_{L-1}] \quad (18)$$

и

$$\mathbf{A}_2 = [\mathbf{F}_1 \quad \mathbf{F}_2 \quad \dots \quad \mathbf{F}_L]. \quad (19)$$

Далее, введя обозначение  $z_k := e^{\gamma_k \Delta t}$ , можно показать, что  $\{z_k\}$  представляют собой собственные числа пакета матриц  $\mathbf{A}_2 - z\mathbf{A}_1$ . Когда получены все значения экспонент, коэффициенты  $\{c_k\}$  легко находятся из (16), поскольку теперь мы имеем дело с линейными уравнениями.

Для решения задачи определения мгновенной частоты в экспериментах мы брали окно, включающее в себя не менее одного периода наивысшего значения несущей частоты, и вычисляли две экспоненты. Мнимые части этих экспонент  $\gamma_k$  представляют собой мгновенную частоту, которая определяется на заданном интервале обрабатываемого сигнала с использованием скользящего окна.

### Результаты моделирования и экспериментальные данные

На первом этапе исследования всеми тремя алгоритмами обрабатывался численно моделированный ЧМ-сигнал. Сравнительные оценки проводились относительно ошибки восстановления сигнала, которая определялась следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{\sum_i |S_{i,n} - S_{i,0}|^2}{\sum_i |S_{i,0}|^2}, \quad (20)$$

где суммирование производилось по всем выборкам, а  $S_{i,n}$  и  $S_{i,0}$  соответствуют  $i$ -й выборке сигнала с наличием и отсутствием шума восстановления, соответственно. Этот же критерий использовался и для определения ошибок в экспериментальных исследованиях.

Форма моделируемого исходного сигнала изображена на рис. 4а. Для кодирования битов были выбраны следующие частоты: 4 кГц для передачи нулевого бита, а 6 кГц — единичного. Все три алгоритма показали результат определения мгновенной частоты, отличающийся не более чем на 1%, изображенный на рис. 4б, что объясняется малой зашумленностью сигнала.

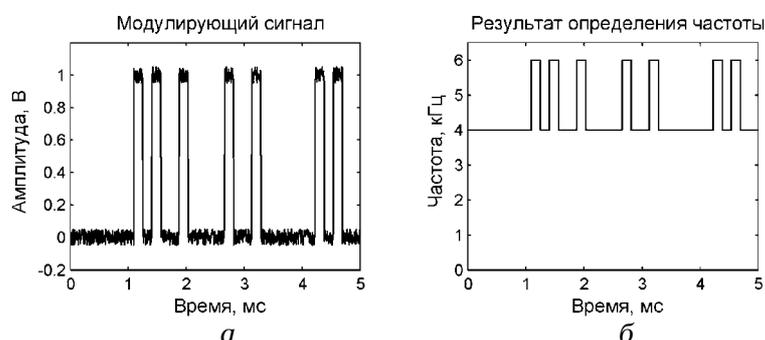


Рис. 4. Результаты определения мгновенной частоты при численном моделировании: а) модулирующий сигнал; б) результат определения мгновенной частоты

Экспериментальные данные показали различие в качестве определения мгновенной частоты различными алгоритмами. На рис. 5 приведен фрагмент зашумленного сигнала с соотношением сигнал/шум 3 дБ, полученного от беспроводного температурного датчика погружного нефтяного насоса с глубины 3,2 км. Результаты определения мгновенной частоты различными алгоритмами приведены на рис. 6.

В таблице 1 приведены экспериментальные данные работы алгоритмов при различном соотношении сигнал/шум. Данные получены при снятии показаний десятиразрядного беспроводного датчика температуры с периодом передачи 10 секунд и равномерном опускании погружного нефтяного насоса в скважину (температура корпуса насоса во время эксперимента не изменялась). Приводятся данные только с соотношением сигнал/шум, близким к шагу в 10%.

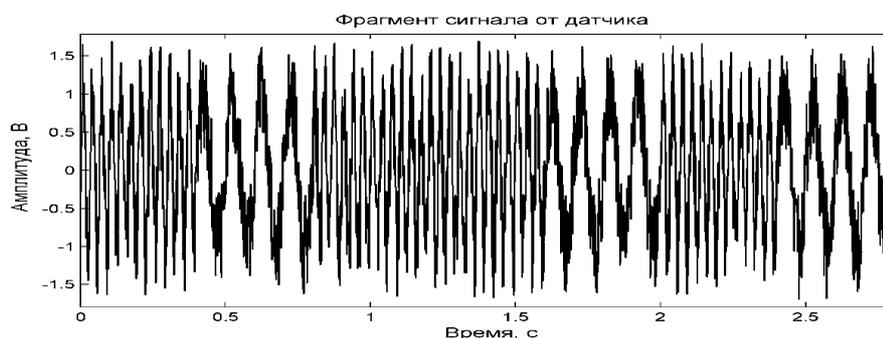


Рис. 5. Фрагмент ДЧМК сигнала с аддитивным гауссовым шумом

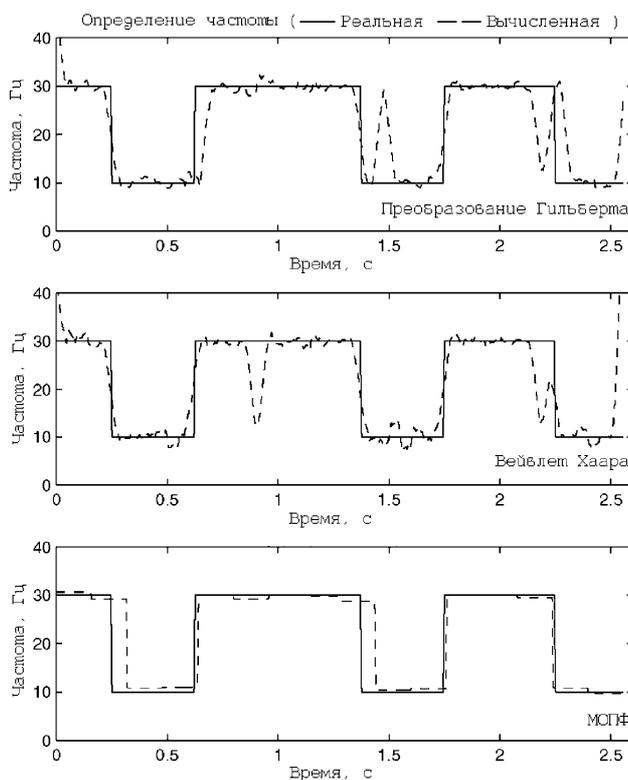


Рис. 6. Результаты определения мгновенной частоты сигнала от датчика температуры, изображенного на рис. 5, различными алгоритмами

Таблица 1

**Ошибка ( $\varepsilon$ ) определения мгновенной частоты сигнала от беспроводного датчика температуры погружного нефтяного насоса тремя алгоритмами при различном соотношении сигнал/шум**

Соотношение сигнал/шум, дБ	Ошибка, $\varepsilon$		
	Преобр. Гильберта	Вейвлет Хаара	МОПФ
20.0	0.00004	0.00024	0.00004
14.0	0.00019	0.00109	0.00005
10.5	0.00042	0.00273	0.00010
8.0	0.00076	0.00523	0.00016
6.0	0.00123	0.00850	0.00022
4.5	0.02897	0.02143	0.00030
3.0	0.03840	0.03500	0.00042
2.0	0.04707	0.06756	0.00062
1.0	0.05133	0.10211	0.00099
0.0	0.05656	0.11747	0.01252

**Выводы**

Полученные результаты свидетельствуют о том, что МОПФ менее чувствителен к шуму. Это, скорее всего, связано со спецификой организации метода, который основан на минимизации ошибки по критерию наименьшей квадратической погрешности. Метод, основанный на вейвлет-анализе, представляет собой наиболее простой вариант реализации рассматриваемой задачи и с точки зрения вычислительных затрат. Более того, он может быть просто реализован аппаратными средствами для режима



реального времени. Это связано с тем, что для этого метода необходима информация о сигнале только в текущий момент времени. Наоборот, преобразование Гильберта, основанное на преобразовании Фурье, что предполагает использование глобальных базисных функций, требует полной информации о принятом сигнале. МОПФ способен анализировать сигнал в режиме реального времени, но матричные операции сложны для реализации в аппаратуре рассмотренного назначения.

#### Литература

1. J.G. Proakis, Digital Communication, McGraw-Hill, New York, 1995.
2. М.Г. Травин, В.М. Терешко, Г.А. Травин. Вейвлеты для инженеров – Белгород: «Политерра», 2007.
3. J.C. Goswami, R. Mittra, "On the solution of a class of large-body scattering problems via the extrapolation of FDTD solutions," J. Electromagn. Waves Appl., 12, pp. 229–244, 1998.
4. Y. Hua, T.K. Sarkar, "Generalized pencil-of-function method for extracting poles of an EM system for its transient response," IEEE Trans. Antennas Propagat., 37, pp. 229–234, 1989.
5. B.P. Lathi, Modern Digital and Analog Communication System, Holt, Rinehart & Wilson, New York, 1983.
6. A.J. Mackay, A. McCowen, "An improved pencil-of-function method and comparisons with traditional methods of pole extraction," IEEE Trans. Antennas Propagat., 35, pp. 435–441, 1987.
7. M.L. Van Blaricum, R. Mittra, "A technique for extracting the poles and residues of a system directly from its transient response," IEEE Trans. Antennas Propagat., 23, pp. 777–781, 1975.

### ALGORITHMS FOR ESTIMATING INSTANTANEOUS FREQUENCY IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

A.M. LOGVINOV  
Y.E. POLENOVA  
M.G. TRAVIN

*Belgorod State University*  
e-mail: [travin@bsu.edu.ru](mailto:travin@bsu.edu.ru)

Three algorithms for estimating instantaneous frequency in wireless are discussed. These algorithms are based on Hilbert transform, Haar wavelet, and generalised pencil of functions (GPOF) methods. The received results both for numerically modeling, and for experimental data are resulted.

Keywords: algorithms, instantaneous frequency, wireless sensor networks.

## АГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАФИКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ КОМПАНИИ

**И.А. СИДОРЕНКО  
И.В. СОЛДАТОВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: sidorenko@bsu.edu.ru*

Одним из наиболее эффективных методов исследования трафика телекоммуникационных систем является компьютерное имитационное моделирование. Существующие подходы к моделированию самоподобного трафика не обладают достаточной гибкостью для построения адекватных имитационных моделей мультисервисных сетей доступа. В статье рассматривается агентный метод моделирования трафика сети доступа, который обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими методами моделирования.

Ключевые слова: имитационное моделирование, самоподобность трафика сети связи, агентное моделирование, трафик сети доступа, программа AnyLogic.

### **Введение**

Для телекоммуникационной компании важно иметь возможность обосновать направление своего развития с точки зрения расширения количества и качества предоставляемых услуг. Каждая из предоставляемых услуг потенциально создает различную интенсивность нагрузки. При этом клиенты, получающие однотипные услуги в силу своего различия по возрасту, по видам профессиональной деятельности, принадлежности к тем или иным социальным группам, очевидно, будут создавать различную нагрузку на телекоммуникационную систему. Общее число активных клиентов также является случайной нестационарной величиной, и прогнозировать в этих условиях характер нагрузки с достаточной для практики точностью становится очень сложно. Отсутствие точных оценок параметров нагрузки, то есть трафика, затрудняет оптимизацию состава сетевого оборудования и приводит к упущенной коммерческой выгоде. Очевидно, что *задача исследования параметров трафика телекоммуникационной компании, предоставляющей одновременно несколько видов услуг, является актуальной.*

### **Постановка задачи**

Наиболее эффективным способом исследования процессов, происходящих в телекоммуникационных системах, является компьютерное имитационное моделирование. До 80-х годов XX века основным видом услуг, который предоставлялся абонентам, была телефония. При моделировании телефонных систем связи для описания входного трафика применялся простейший поток, задаваемый семейством вероятностей  $P_i(t)$  поступления  $i$  ( $i = 0 \dots \infty$ ) вызовов в промежутке времени  $t$ . Вероятность поступления  $i$  вызовов для простейшего потока за отрезок времени  $t$  определяется известной *формулой Пуассона* [6, 8]:

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – параметр потока, характеризующий интенсивность поступления вызовов.

Формула Пуассона с достаточной для практики точностью описывает телефонную нагрузку и поэтому успешно применялась при проектировании и моделировании телефонных систем связи. Однако с появлением персональных компьютеров и, особенно, услуг мультимедиа, характер трафика в телекоммуникационных сетях изменился коренным образом. На практике, при анализе нагрузки в компьютерных сетях с пакетной коммутацией, было замечено, что в трафике присутствуют пачки пакетов и наблюдаются долговременные зависимости, поэтому трафик уже не может быть корректно описан с помощью закона Пуассона. В 90-х г.г. было установлено, что трафик в



современных сетях связи имеет фрактальную структуру и более точно задается случайным самоподобным процессом [1– 3, 5, 8].

Основными отличительными свойствами самоподобного трафика являются [3]:

1. Медленное убывание дисперсии при увеличении периода наблюдения;
2. Наличие долгосрочной зависимости (последствия);
3. Флуктуационный характер спектра мощности.

Математически дискретный самоподобный процесс определяется следующим образом: Пусть задан временной процесс  $X = \{X_n, n \in Z^+\}$ . Определим другой временной процесс  $X^{(m)} = \{X_n^{(m)}, n \in Z^+\}$ , который назовем *агрегированным*, полученный путем усреднения временного процесса  $X$  на непересекающиеся соседствующие блоки длиной  $m$ :

$$X_n^{(m)} = \frac{1}{m} \sum_{i=nm-(m-1)}^{nm} X_i. \quad (2)$$

Существует два класса самоподобных процессов: так называемые точно самоподобные и асимптотически самоподобные процессы.

Процесс  $X$  называется точно самоподобным с параметром  $\beta$  ( $0 < \beta < 1$ ) если для  $m \in Z^+$  выполняются условия (3) и (4).

$$\bullet \text{ дисперсия } \text{Var}[X^{(m)}] = \frac{\text{Var}[X]}{m^\beta}; \quad (3)$$

$$\bullet \text{ функция автокорреляции } R(k, X^{(m)}) = R(k, X). \quad (4)$$

Параметр  $\beta$  связан с параметром Херста  $H$  следующим соотношением:

$$\beta = 2(1-H). \quad (5)$$

Существует другой класс самоподобных процессов – так называемых асимптотически самоподобных процессов. Процесс  $X$  называется асимптотически самоподобным, если для больших  $k$ , при  $m \rightarrow \infty$  выполняются условия (6) и (7).

$$\bullet \text{ дисперсия } \text{Var}[X^{(m)}] = \frac{\text{Var}[X]}{m^\beta}; \quad (6)$$

$$\bullet \text{ функция автокорреляции } R(k, X^{(m)}) \rightarrow R(k, X). \quad (7)$$

Наиболее точным свойством самоподобных процессов является то, что функция автокорреляции не вырождается при  $m \rightarrow \infty$ , в отличие от стохастических процессов, где  $R(k, X^{(m)}) \rightarrow 0$  при  $m \rightarrow \infty$ .

Для оценивания степени самоподобия трафика в сети был введен параметр Херста (Hurst), обозначаемый буквой « $H$ ». Значение  $H=0.5$  означает отсутствие самоподобности, а значения  $H$  близкие к 1 соответствуют высокой степени самоподобия. Исследование трафика реальных мультисервисных сетей показывают, что значение параметра Херста находится в диапазоне 0.7 – 0.85.

Для оценивания параметра Херста существует ряд методов: метод абсолютных моментов, оценка Виттла, метод периодограмм, оценка Хилла и др. Все они отличаются друг от друга по сложности вычислений и точности получаемого результата. Метод абсолютных моментов дает достаточно точные результаты при невысоком объеме вычислений. Методика проверки следующая: исходная последовательность  $X$  с длиной  $N$  разделяется на блоки с длиной  $m$ . На границах блока последовательность имеет среднее значение, определяемое формулой (8).

$$\bar{X}(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=(k-1)m+1}^{km} X_i, \quad k = 1, 2, \dots, [N/m]. \quad (8)$$

Для каждого блока необходимо рассчитать дисперсию  $X^{(m)}$  и математическое ожидание  $\bar{X}$  для всей последовательности. После этого для каждого блока определяется момент  $n$ :

$$D_n^{(m)} = \frac{1}{N/m} \sum_{k=1}^{N/m} |X^{(m)}(k) - \bar{X}^n|. \quad (9)$$

В данном выражении  $n=1$  (абсолютное среднее значение). Далее строится график в логарифмическом масштабе – зависимость абсолютных моментов для последовательности от  $m$ . После чего по найденным точкам рассчитывается аппроксимирующая прямая по методу минимального среднеквадратического отклонения от экспериментальных данных. Далее необходимо найти угол наклона аппроксимирующей прямой  $\beta$ . По полученному значению  $\beta$  можно найти коэффициент самоподобности  $H=1-\beta$ .

Необходимо, чтобы длина каждого блока и число блоков были большими. Если последовательность – это не процесс с медленно изменяющейся зависимостью, то наклон аппроксимирующей линии будет равен 0.5. Если процесс самоподобен, тогда наклон линии будет меньше чем 0.5.

Таким образом, для моделирования трафика современных телекоммуникационных систем рекомендуется использовать **самоподобные случайные процессы**.

Анализ литературы показывает, что существуют два основных подхода в моделировании самоподобных процессов:

1. Метод на основе использования **Броуновского движения** [1].
2. Метод **Мандельброта**, предусматривающий использование нескольких независимых ON-OFF источников, у которых закон чередования включенного и выключенного состояний распределен по **закону Парето** [4].

Плотность распределения Парето задается функцией вида:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{\beta}{x} \right)^{\alpha+1}, \quad \text{при } x > \beta \text{ и } \alpha > 0. \quad (10)$$

Здесь:  $\alpha$  – параметр формы, характеризующий, будет ли распределение иметь конечное или бесконечное среднее и дисперсию;

$\beta$  – параметр нижней границы (минимальное значение случайной величины  $x$ ).

Соотношение между параметром  $\alpha$  и параметром Херста  $H$  задается формулой:

$$H = \frac{3 - \alpha}{2}. \quad (11)$$

Благодаря простоте задания параметра Херста метод Мандельброта получил наибольшее распространение при моделировании самоподобных случайных процессов.

Указанные выше методы моделирования позволяют получить реализации случайного самоподобного процесса с любой фиксированной степенью самоподобия, однако известно, что интенсивность нагрузки, создаваемой сетью доступа, существенно изменяется в течение суток. Это обусловлено различной активностью клиентов, получающих как одинаковые, так и различные услуги. Рекомендаций по выбору конкретных значений параметра Херста  $H$  в зависимости от вида и количества предоставляемых телекоммуникационных услуг в настоящее время нет, поэтому применение метода Мандельброта для генерирования трафика мультисервисной сети доступа возможно только для получения приближенных оценок интенсивности нагрузки. Следовательно, для построения адекватной имитационной модели сети доступа, задания одного параметра Херста не достаточно, а необходимо обеспечить учет динамического изменения нагрузки в течение суток, имеющего место на практике. Поэтому, **актуальной научной задачей** является разработка такого способа построения имитационной модели сети доступа, которая бы позволила исследовать степень самоподобности входного трафика в телекоммуникационных сетях, полученного с учетом реально предоставляемых клиентам видов услуг.

Для построения имитационных моделей используются различные программные продукты, главным требованием, для которых является возможность не только создавать сложные модели, но и варьировать их параметрами в процессе моделирования.

Проведенный анализ программных средств позволил сделать вывод о перспективности программной среды **AnyLogic™** – продукта компании XJ Technologies, в которой реализованы все последние достижения в области имитационного моделирования, в том числе и новый метод – **агентное моделирование**. Программа AnyLogic™, в отличие от других, дает возможность сделать процесс моделирования наглядным и интерактивным, что важно для понимания связи исходных параметров модели и эффекта вызванного их изменением [7].

*Цель статьи состоит в исследовании возможности адекватного моделирования трафика телекоммуникационной компании в среде AnyLogic™ 5.4.*

### **Моделирование трафика сети связи в среде AnyLogic**

С целью проверки функциональных возможностей программной среды AnyLogic была построена модель датчика самоподобного трафика на основе метода Мандельброта, структура которой представлена на рис. 1. Модель состоит из 50 ON-OFF источников с распределением Парето, которые имитируют активность абонентов.

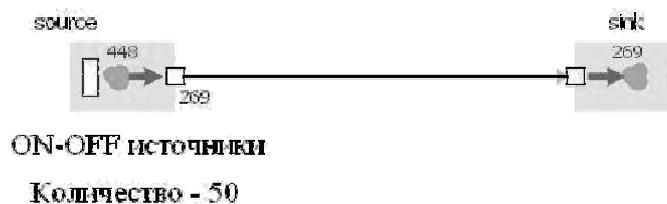


Рис. 1. Структура модели Мандельброта в AnyLogic

С помощью построенной модели был проведен ряд экспериментов, результаты которых совпали с выводами, полученными в источниках [2, 5]. На рис.2 приведены реализации сгенерированного трафика, которые подтверждают его пачечный характер.

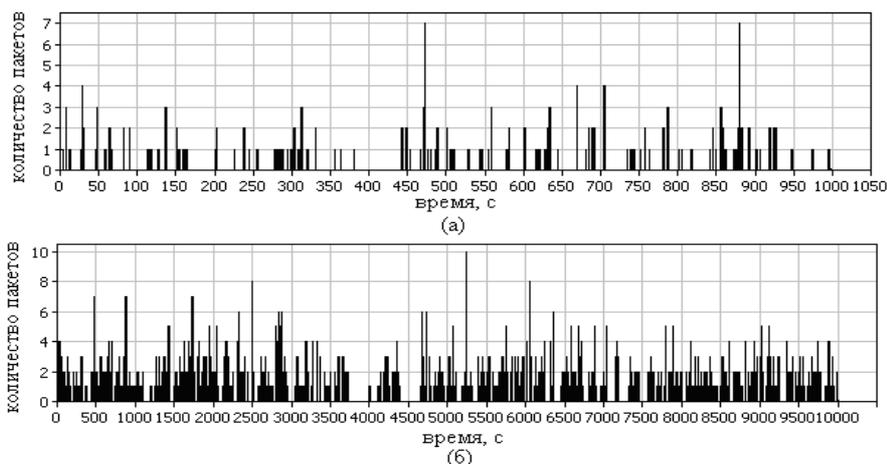


Рис. 2. Трафик, сгенерированный в AnyLogic с помощью модели Мандельброта

Однако такой подход к моделированию трафика обладает указанным выше недостатком – невозможностью учета реальной активности абонентов, получающих различные услуги. В частности, данный метод не позволяет изменять важнейшие параметры источников нагрузки, такие как средний объем данных передаваемых в единицу времени, максимально возможная скорость передачи данных, распределение интенсивности нагрузки в течение суток и т.п. Это делает модель неадекватной с точки зрения предоставляемых услуг и является принципиальным недостатком данного способа моделирования.

Для устранения этих недостатков была разработана другая модель, реализованная на основе **агентного метода моделирования**. Агентное моделирование связано с понятием агент. *Агент* — это некоторая сущность, которая обладает активностью,

автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, может взаимодействовать с окружением и другими агентами, а также может изменяться (эволюционировать) [5]. Цель построения агентных моделей — получить представление об общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе.

В разработанной модели (рис. 3) имеется 3 группы агентов. Агентами в данной модели являются абоненты телекоммуникационной компании, которым предоставляются различные типы телекоммуникационных услуг, поэтому они создают различную интенсивность нагрузки. Признаком деления абонентов на группы послужила пропускная способность линии связи, которая соединяет их терминальное оборудование с концентратором. Это может трактоваться, например, как использование трех различных тарифных планов обслуживания с фиксированной максимальной скоростью передачи данных или как предоставление различных видов услуг. Поведение агентов в каждой группе задается набором характеристик: максимальной скоростью передачи данных, средним объемом передаваемого трафика за сутки, характером активности абонента в течение суток. Абоненты работают независимо друг от друга, но по общим правилам той группы, в которую они включены. Число абонентов или групп в модели может задаваться в зависимости от реальной ситуации в телекоммуникационной компании.

Необходимо также отметить, что используемый тарифный план – это не единственный возможный признак образования групп в модели. Благодаря широким возможностям агентного метода моделирования абоненты также могут быть сгруппированы по иным признакам (возрасту, профессиональной деятельности и т.п.), что, в свою очередь, даст возможность более детально учесть в модели особенности в поведении абонентов и, соответственно, позволит получить более точные результаты.

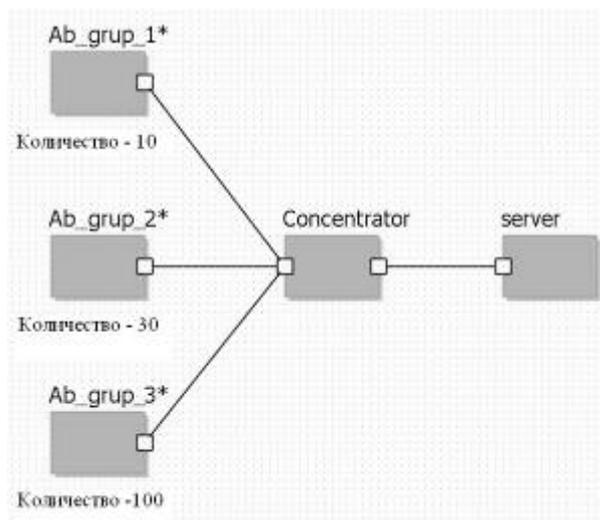


Рис.3. Структура агентной модели в AnyLogic

Ниже представлены реализации трафика, полученного с помощью агентной модели за одни (рис. 4 а) и за трое (рис. 4 б) модельных суток.

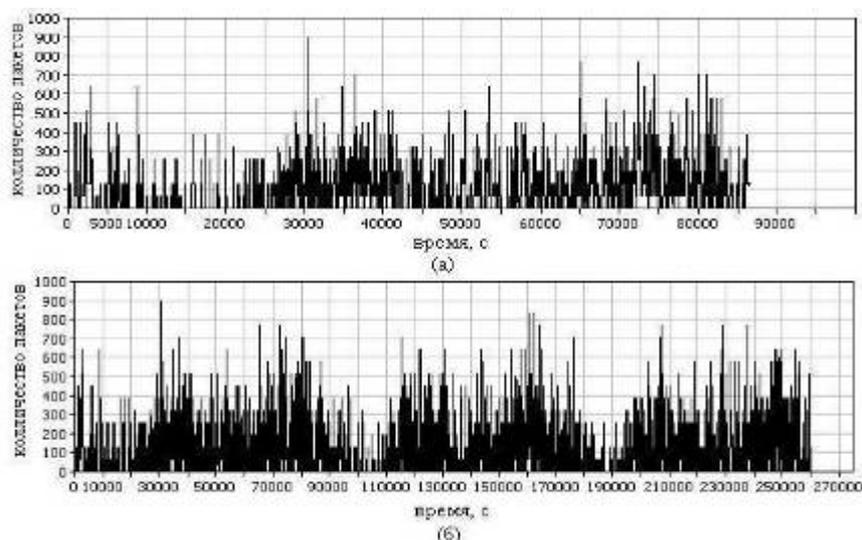


Рис. 4. Трафик, полученный с помощью агентной модели

Из анализа рис.4 видно, что трафик также как и в модели Манделъброта обладает пачечным характером, однако заметна зависимость интенсивности нагрузки от времени суток. Предварительный анализ результатов моделирования показал, что трафик обладает свойством самоподобия, а параметр Херста имеет значение не ниже 80. Построенная модель позволяет исследовать степень изменения самоподобности трафика при варьировании параметрами модели – видом и количеством предоставляемых клиентам телекоммуникационной компании услуг, что может представлять интерес для теории телетрафика. Прагматическая значимость результатов моделирования сети доступа обусловлена возможностью более точного прогнозирования динамических параметров нагрузки, что позволит телекоммуникационной компании оптимизировать структуру и состав коммутационного оборудования и, в конечном итоге, решить две самые сложные задачи: обеспечить требуемое качество обслуживания клиентов и не упустить финансовую выгоду.

Для примера были проведены два эксперимента. В первом (рис. 5): фиксировалось число абонентов каждой из групп, и подбиралась пропускная способность соединительной линии «концентратор-сервер» так, чтобы вероятность блокировки не превышала 2%.

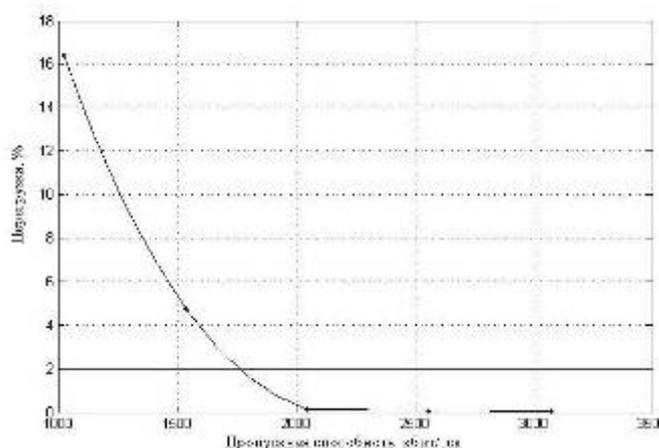


Рис. 5. График зависимости перегрузки от пропускной способности соединительной линии «концентратор – сервер»

Во втором эксперименте, моделировалась противоположная задача – фиксировалась пропускная способность соединительной линии «концентратор-сервер» и определялось максимально возможное число абонентов каждой из групп так, чтобы ве-

роятность блокировки также не превышала 2%. Для примера на рис.6 показан результат моделирования для первой группы абонентов.

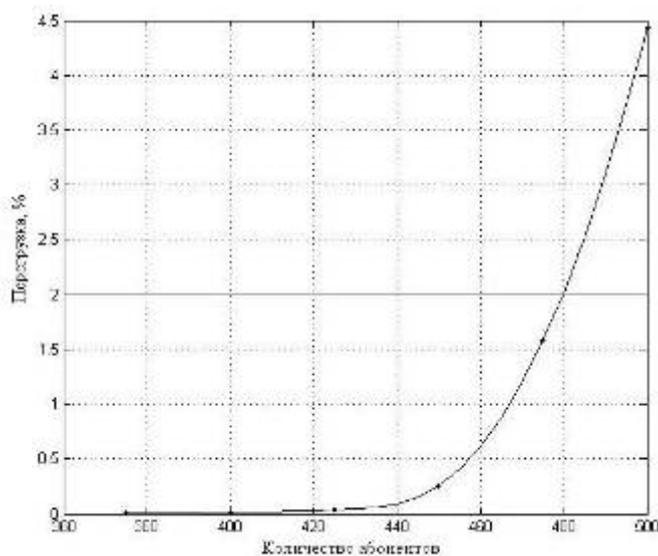


Рис. 6. График зависимости перегрузки от количества абонентов первой группы

Эти эксперименты не исчерпывают всего потенциала агентного моделирования, а лишь приводят примеры его возможностей для решения типовых задач теории телетрафика.

### **Выводы**

1. Существующий подход к моделированию трафика в современных телекоммуникационных сетях, основанный на методе Мандельброта, позволяет получить самоподобный случайный процесс, однако реализуемая таким образом модель является неадекватной с точки зрения учета параметров реального трафика.

2. Адекватная имитационная модель мультисервисной сети доступа телекоммуникационной компании может быть реализована на основе метода агентного моделирования, что позволяет исследовать параметры трафика с учетом реального количества и вида предоставляемых услуг, обеспечить более точное прогнозирование интенсивности нагрузки.

3. Программная среда AnyLogic™ на основе метода агентного моделирования позволяет создавать адекватные имитационные модели телекоммуникационных систем, с возможностью задания произвольных характеристик источников информации и оценки степени самоподобности трафика. Это, в свою очередь, делает возможным для телекоммуникационной компании обосновывать требуемые параметры коммутационного оборудования системы связи, в зависимости от числа потенциальных абонентов, вида предоставляемых им услуг и требуемых характеристик качества обслуживания.

### **Литература**

1. Jeong, H.-D. J. Fast Self-Similar Teletraffic Generation Based on FGN and Wavelets [Текст] / H.-D. J. Jeong, D. McNickle, K. Pawlikowski // IEEE ICON'99. –1999.
2. Kulikovs, M. Packet Loss Probability Dependence on Number of ON-OFF Traffic Sources in OPNET [Текст] / M. Kulikovs, E. Petersons // ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING. – 2008. – №5.
3. Leland, W.E. On The Self-Similar Nature Of Ethernet Traffic [Текст] / W.E. Leland, M.S. Taqqu, W. Willinger, D.V. Wilson // ACM SIGCOMM'93. – 1993.
4. Mandelbrot, B.B. A Fast Fractional Gaussian Noise Generator [Текст] / B.B. Mandelbrot // Water Resources Research . – 1971. – №7.
5. Ulanovs, P. Modeling Methods of Self-similar Traffic for Network Performance Evaluation [Текст] / P. Ulanovs, E. Petersons // Scientific Proceedings of RTU. – Series 7. – Telecommunications and Electronics. – 2002.



6. Вишнеvский, В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей [Текст] / В.М. Вишнеvский. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
7. Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю. Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.: ил.
8. Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения [Текст] / В.В. Крылов, С.С. Самохвалова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.: ил.

## AGENT BASED MODELING OF THE TRAFFIC TO TELECOMMUNICATION COMPANY

I.A. SIDORENKO

I.V. SOLDATOV

*Belgorod State University*

*e-mail: sidorenko@bsu.edu.ru*

One of the most efficient methods of the study of the traffic of the telecommunication systems is computer simulation modeling. The existing approaches to modeling self-similar traffic do not possess sufficient flexibility for building of the identical simulation models multi-service networks of the access. In article is considered agent based method of modeling of the traffic to network of the access, which possesses beside advantage in contrast with existing methods of modeling.

Key words: simulation modeling, self-similar traffic of telecommunications, agent based modeling, the traffic to network of the access, application AnyLogic.

## ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

**О.П. Малофей**  
**И.И. Акимов**  
**В.В. Радионов**

*Ставропольский  
военный институт связи  
ракетных войск*

В статье рассматривается задача повышения оперативности функционирования автоматизированной системы управления в условиях применения инфокоммуникационных технологий за счет оптимизации структуры комплекса информационно-технических средств в реальном масштабе времени.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, инфокоммуникационные технологии.

### 1. Постановка проблемы

Современный этап развития автоматизированных систем управления (АСУ) характеризуется значительным повышением требований к оперативности управления. Производимая в настоящий момент модернизация автоматизированных систем управления не принесла ожидаемых результатов повышения эффективности управленческой деятельности должностных лиц АСУ. Значительные объемы информации, которые приходится обрабатывать должностным лицам АСУ в процессе поиска оптимальных решений, с одной стороны, и низкая производительность управленческого труда – с другой, создают серьезное противоречие, разрешение которого возможно только при интенсивном освоении инфокоммуникационных технологий (ИКТ) и организации их применения [1].

Информационно-технические средства (ИТС) вместо того, чтобы повысить оперативность функционирования АСУ, сами порождают новые трудности, а иногда даже влекут за собой увеличение штата обслуживающего персонала. Положение усугубляется тем, что выбор программного обеспечения и аппаратных средств, отличающихся своими техническими и стоимостными показателями, чрезвычайно широк, а научно обоснованные методы сравнения и обоснования их применения требуют совершенствования. Эффективность использования таких систем в АСУ крайне низкая. Поэтому попытки автоматизировать важнейшие функции управления часто приводят к неоправданным временным и стоимостным затратам и далеко не всегда обеспечивают ожидаемый положительный результат.

### 2. Задача исследований

Развитие современных АСУ на основе ИКТ, применение новых систем связи, реализация модульного принципа построения, разнос комплекса информационно-технических средств (КИТС) на большой территории, увеличение связности объектов и команд управления приводят к значительному усложнению функций управления, увеличению интенсивности обрабатываемой информации и уменьшению времени принятия решения должностными лицами АСУ [2].

Статистическая обработка данных информационного обследования АСУ свидетельствует о 5-6-кратных превышениях допустимых значений информационной нагрузки должностных лиц. В связи с этим возникает чрезвычайно важная и актуальная задача поиска путей уменьшения напряженности управленческой деятельности должностных лиц АСУ с одновременным повышением оперативности управления, решение которой невозможно только за счет количественного наращивания ИКТ [1].

Сегодня на первый план выходит задача оптимального сочетания средств ИКТ со средой их применения, в частности, в составе КИТС АСУ. Поэтому использование ИКТ с применением методов компьютерного моделирования в оптимизации структуры КИТС, обеспечивающее повышение оперативности сбора, обобщения, анализа ин-

формации о состоянии системы управления и своевременное принятие на ее основе обоснованных решений, является актуальной задачей совершенствования АСУ.

### 3. Оперативность функционирования автоматизированной системы управления

Исследование оперативности функционирования АСУ является сложной задачей по целому ряду причин. Во-первых, из-за особенностей процесса управления, многообразия связей между самой АСУ и внешней средой, большого количества различных факторов, воздействующих на нее, не позволяющих использовать существующий или создать адекватный проблеме формальный аппарат. Во-вторых, из-за несоответствия временных характеристик получения и использования информации. Как следствие, не выполняются условия инвариантности информационных процессов. Действительно, все управляющие воздействия осуществляются на основе текущего представления информации, а оно, в свою очередь, определяется динамикой развития этих же управленческих процессов. Это та граница, которую невозможно учесть с помощью существующих в настоящее время формальных методов оценки качества систем.

Любая структура КИТС АСУ может быть представлена в виде [2]:

$$S_f = \{r_l, e_\xi, b_j, d_i, k_m, \|h_{j-1,j}\|\} \quad (1)$$

Тогда задача оптимизации структуры КИТС АСУ будет состоять в том, чтобы из множества ИТС  $D = (d_i), i = \overline{1, I}$  обеспечивающего выполнение технологических операций  $E = (e_\xi), \xi = \overline{1, \Delta}$  и образующих законченный цикл преобразования информации  $B = (b_j), j = \overline{1, J}$  на множестве функций управления  $R = (r_l), l = \overline{1, L}$  и характеризующегося множеством параметров  $K = (k_m), m = \overline{1, M}$  и матрицей смежности  $\|h_{j-1,j}\|$  найти такую структуру  $S_o \subset S$ , которая максимизирует функцию ценности информации  $G(S)$ , т.е. требуется найти:

$$G(S_o) = \max_{S_o \subset S} G(S\{r_l, e_\xi, b_j, d_i, k_m, \|h_{j-1,j}\|\}) \quad (2)$$

Для оценки оперативности функционирования АСУ используется коэффициент оперативности управления [2]:

$$K_w = 1 - \frac{T_p}{T_{\text{доп}}} \quad (3)$$

где  $T_p$  – длительность цикла управления (время технологического цикла преобразования информации в АСУ);

$T_{\text{доп}}$  – допустимая длительность цикла управления (допустимое время преобразования информации управления, по истечении которого она теряет свое значение для АСУ, т.е.  $1 > K_w \geq 0$ ).

В процессе информационного обмена в АСУ на оперативность ее функционирования оказывает влияние структура КИТС, непосредственно влияющая на производи-

тельность  $\eta_{p_{ij}}$  АСУ и степень автоматизации управленческой деятельности должностных лиц АСУ на каждой  $j$ -ой фазе преобразования информации в зависимости от используемого  $i$ -го ИТС:

$$\eta_{p_{ij}} = \frac{V_{p_{ij}}}{T_{p_{ij}}}; \gamma_{ij} = \frac{V_{p_{ij}}^A}{V_{p_j}^A} \quad (4)$$



где  $V_{pj}$  – совокупный объем выполненных работ на j-ой фазе;

$V_{ij}^A$  – объем работ, выполненных i-м ИТС на j-ой фазе;

$\gamma_{ij}$  – коэффициент автоматизации управленческой деятельности должностных лиц АСУ с использованием i-го ИТС на j-ой фазе.

Тогда с учетом выражений (1) и (4), выражение (3) можно записать в виде:

$$K_W(S_f) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (\tilde{T}_{ij}^H [\gamma_{ij} \cdot \xi_{ij} + (1 - \gamma_{ij})])}{T_{\text{доп}}}, \quad (5)$$

$$\tilde{T}_{ij}^H = \frac{K_{\Gamma ij} P_{\text{вб}p ij} V_{pj}}{\eta_{ij}^H}; \quad \xi_{ij} = \frac{\eta_{ij}^H}{\eta_{ij}^A},$$

где

$K_{\Gamma ij}$  – коэффициент готовности i-го ИТС на j-ой фазе;

$P_{\text{вб}p ij}$  – вероятность безотказной работы i-го ИТС на j-ой фазе;

$\tilde{T}_{ij}^H$  – усредненное время преобразования информации i-м ИТС на j-ой фазе;

$\eta_{ij}^A$  – производительность i-го ИТС на j-ой фазе;

$\eta_{ij}^H$  – производительность должностных лиц без использования i-го ИТС на j-ой фазе;

$\xi_{ij}$  – коэффициент относительной производительности i-го ИТС на j-ой фазе,

$$1 \geq \gamma_{ij} \geq 0, \quad \eta_{ij}^H \neq 0, \quad \eta_{ij}^A \neq 0$$

при условии выполнения следующих ограничений:

Полученное выражение (5) связывает основные качественные показатели АСУ (объем передаваемой информации, производительность, коэффициент готовности, вероятность безотказной работы) со структурными особенностями КИТС и позволяет произвести количественную оценку коэффициента оперативности управления всей системы.

#### 4. Алгоритм оптимизации структуры комплекса информационно-технических средств автоматизированной системы управления

Существенно упростить решение поставленной выше задачи можно с помощью метода «вложенных отношений», основанного на идее последовательного уточнения модели предпочтений (принцип непротиворечивости и содержательности дополнительных допущений) [2]. Применение данного метода, использующего различные математические методы и неформальные процедуры на разных этапах решения задачи, с учетом полученного выражения (5) позволило разработать алгоритм оптимизации структуры КИТС АСУ в реальном масштабе времени (рис. 1).

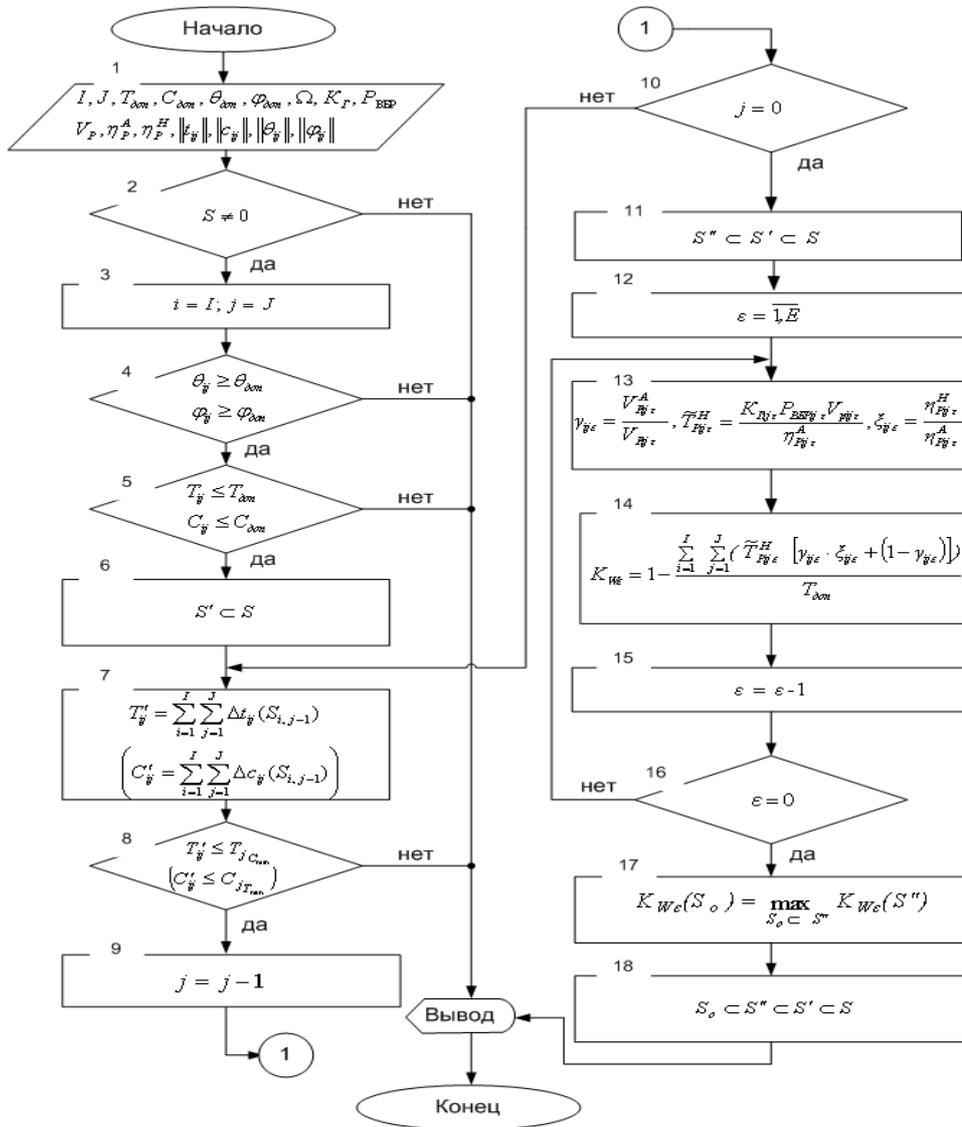


Рис. 1. Обобщенная блок-схема алгоритма оптимизации структуры комплекса информационно-технических средств автоматизированной системы управления

Данный алгоритм доведен до программной реализации, позволившей получить количественные оценки оперативности решения задач управления АСУ в реальном масштабе времени [3].

**5. Заключение**

Полученный в работе результат позволяет повысить оперативность функционирования автоматизированной системы управления в условиях применения инфокоммуникационных технологий за счет оптимизации структуры комплекса информационно-технических средств в реальном масштабе времени.

**Литература**

1. Радионов В.В. Автоматизированные системы управления в условиях применения информационных технологий // Системы управления, навигации и связи. – 2008. Вып. 4(8) – С.152-154.
2. Малофей О.П., Радионов В.В., Ряднов С.А. Оптимизация структуры комплекса информационно-технических средств автоматизированной системы управления сетей связи специального назначения // Инфокоммуникационные технологии. – 2007. Т 5, № 3 – С.97– 99.



3. Радионов В.В., Нелюба А.Н и др. Программа «Выбор оптимальной структуры комплекса информационно-технических средств автоматизированной системы управления» (Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2008611776). – Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2008.

## INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

O.P. MALOFEI

I.I. ACIMOV

V.V. RADIONOV

*Stavropol military institute  
of communication*

In article the problem of increase of efficiency of functioning for the automated control system in conditions application of infocommunication technologies due to optimization of structure of a complex is considered is information-means in real time.

Key words: automated control system, infocommunication technologies.

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

- Акимов И.И.** – соискатель ученой степени кандидата технических наук Ставропольского военного института связи ракетных войск
- Афанасьев В.И.** – соискатель кафедры биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета
- Ашмаров И.А.** – кандидат экономических наук, доцент Воронежского государственного технического университета
- Бровченко Е.Д.** – ассистент кафедры экономических дисциплин Алексеевского филиала Белгородского государственного университета
- Бугаков В.М.** – кандидат технических наук, доцент, ректор Воронежской государственной лесотехнической академии
- Бульчев П.Е.** – аспирант Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
- Великая Я.Г.** – ассистент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного университета
- Витохин И.В.** – студент факультета прикладной математики Московского государственного института электроники и математики (технический университет)
- Воронин Ф.И.** – аспирант кафедры менеджмента организации Белгородского государственного университета
- Голощанова В.А.** – аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Деев И.В.** – студент факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Девыцyna С.Н.** – кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Дудина И. А.** – кандидат экономических наук, доцент, директор Центра по присвоению международных квалификаций Лондонской торгово-промышленной палаты Волгоградского государственного университета
- Жиляков Е.Г.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Жихарев А. Г.** – студент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Захаров В.А.** – доцент Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, кандидат физико-математических наук



- Игнатъев А.П.** – соискатель Белгородского государственного университета
- Игрунова С.В.** – кандидат социологических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Калугин В.А.** – заведующий кафедрой экономики и управления на предприятии (в городском хозяйстве), доктор экономических наук, доцент Белгородского государственного университета
- Капалин В.И.** – доктор технических наук, профессор кафедры кибернетики Московского государственного института электроники и математики (технический университет)
- Климова О.Н.** – аспирант факультета прикладной математики-процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета
- Колесников М.А.** – кандидат технических наук, ведущий инженер отделения специализированных вычислительных средств ОАО «НИИ суперЭВМ»
- Корневский Н.А.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета
- Коробцов Е.В.** – инженер ООО «Белрегионгаз»
- Красковский А.Б.** – аспирант кафедры биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета
- Кривошеев О.Н.** – директор департамента корпоративных продаж ЗАО «РК-ТЕЛЕКОМ»
- Лихошерстный А.Ю.** – магистрант факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Логвинов А.М.** – соискатель кафедры общей физики Белгородского государственного университета
- Ломовцева О.А.** – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой менеджмента организации Белгородского государственного университета
- Малофей О.П.** – кандидат технических наук, профессор, заместитель начальника института по учебной и научной работе Ставропольского военного института связи ракетных войск
- Маторин С. И.** – доктор технических наук, заведующий кафедрой прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Михелев М.В.** – аспирант кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета



- Мордвинцев А.И.** – кандидат экономических наук, первый заместитель председателя Волгоградской городской Думы
- Муромцев В.В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Нгуен Дуи Чинь** – преподаватель факультета морской инженерии Вьетнамского университета транспорта, г. Хошимин
- Нгуен Нгок Хуэ** – докторант Вьетнамского морского университета, г. Хайфон
- Поленова Ю.Е.** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общей физики Белгородского государственного университета
- Припадчева И.В.** – аспирант кафедры менеджмента Курского государственного университета
- Пусная О.П.** – ассистент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Путивцева Н.П.** – ассистент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Радионов В.В.** – кандидат технических наук, доцент, старший преподаватель кафедры информационно-коммуникационных технологий в автоматизированных системах боевого управления Ставропольского военного института связи ракетных войск
- Савченко Т.В.** – кандидат экономических наук, профессор, директор Алексеевского филиала Белгородского государственного университета
- Селюков М.В.** – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой туризма и социально-культурного сервиса Белгородского государственного университета
- Сидоренко И.А.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Слободюк А.А.** – студентка факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Созонова Т.Н.** – кандидат технических наук, ассистент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Солдатов И.В.** – инженер по эксплуатации базовых станций Белгородского филиала ОАО «ВымпелКом»
- Титова Н.С.** – аспирант факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета



- Травин М.Г.** – студент математического факультета Белгородского государственного университета
- Тубольцев М.Ф.** – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного университета
- Туяков С.В.** – аспирант факультета компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного университета
- Усатова Л.В.** – доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита Белгородского государственного университета
- Филист С.А.** – доктор технических наук, профессор кафедры биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета
- Хачатрян В.Е.** – профессор кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, доктор физико-математических наук Белгородского государственного университета
- Ходыревская В.Н.** – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой менеджмента Курского государственного университета
- Чачашивили Э.С.** – аспирант кафедры менеджмента организации Белгородского государственного университета
- Чернова О.А.** – кандидат экономических наук, заместитель директора по учебной работе и дополнительному образованию, заведующая кафедрой финансов и бухгалтерского учета Новошахтинского филиала Южного федерального университета
- Черноморец А.А.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного университета
- Чижов И.И.** – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики Белгородского государственного университета
- Чудинов С.М.** – доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора ОАО «НИИ суперЭВМ»
- Шаповалова Т.А.** – ассистент кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

### Уважаемые коллеги!

Материалы необходимо высылать в 2-х экземплярах:

- по адресу: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, Белгородский государственный университет;
- по электронной почте редакторам разделов: «Актуальные вопросы отечественной истории» – [shatohin@bsu.edu.ru](mailto:shatohin@bsu.edu.ru) (Шатохин Иван Тихонович – заместитель главного редактора); «Актуальные вопросы всеобщей истории» – [bolgov@bsu.edu.ru](mailto:bolgov@bsu.edu.ru) (Болгов Николай Николаевич); «Актуальные вопросы политологии» – [Shilov@bsu.edu.ru](mailto:Shilov@bsu.edu.ru) (Шилов Владимир Николаевич – заместитель главного редактора); «Актуальные проблемы экономики» – [Lomovceva@bsu.edu.ru](mailto:Lomovceva@bsu.edu.ru) (Ломовцева Ольга Алексеевна – заместитель главного редактора); ответственный секретарь серии журнала – [vasilenko\\_v@bsu.edu.ru](mailto:vasilenko_v@bsu.edu.ru) (Василенко Виктория Викторовна); сайт журнала: <http://unid.bsu.edu.ru/unid/res/pub/index.php>.

Статьи, отклоненные редколлегией, к повторному рассмотрению не принимаются. Материалы, присланные без соблюдения правил, редколлегией не рассматриваются.

### ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ СЕРИИ «ИСТОРИЯ. ПОЛИТОЛОГИЯ. ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА» ЖУРНАЛА «НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГУ»

В материалы включается следующая информация:

- 1) УДК научной статьи;
  - 2) аннотация статьи (не более 1200 знаков);
  - 3) ключевые слова;
  - 4) сведения об авторах (Ф.И.О., должность с указанием места работы (без сокращений), ученая степень, ученое звание, почтовый адрес, адрес электронной почты (если имеется), контактные телефоны);
  - 5) внешняя рецензия доктора наук (для аспирантов и кандидатов наук);
  - 6) текст статьи;
  - 7) ссылки.
- на русском и английском языках*
- на русском языке*

### Технические требования к оформлению текста

1. Текст набирается в Microsoft Word 2000/2003. Лист – А4, портретный. Без переносов.
2. Поля:
  - правое – 1,5 см;
  - левое – 3,0 см;
  - нижнее – 2,0 см;
  - верхнее – 2,0 см.
3. Шрифт:
  - гарнитура: текст – **Georgia**; УДК, название, ФИО автора – **Impact**;
  - размер: в тексте – **11 пт**; в таблице – **9 пт**; в названии – **14 пт**.
4. Абзац:
  - отступ 1,25 мм, выравнивание – по ширине;
  - межстрочный интервал – одинарный.

## 5. Ссылки:

- номер ссылки размещается перед знаком препинания (перед запятой, точкой);
- нумерация – автоматическая, сквозная;
- текст сноски внизу каждой страницы;
- размер шрифта – 9 пт.

6. Объем статей: до **8 страниц (Georgia, 11 пт)**.

7. Формулы набираются в «Редакторе формул» Word, допускается оформление формул только в одну строку, не принимаются формулы, выполненные в виде рисунков, формулы отделяются от текста пустой строкой.

## 8. Требования к оформлению статей, таблиц, рисунков приведены в прил. 1, 2, 3.



Приложение 1. Оформление статьи

УДК 65.01

## КЛЮЧЕВЫЕ ВЫЗОВЫ РАЗВИТИЮ РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ\*

**А. В. ИВАНОВ<sup>1)</sup>**

**Л. Н. ПЕТРОВ<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Департамент экономического развития Белгородской области*

<sup>2)</sup> *Белгородский государственный университет*

*e-mail: bor@bsu.edu.ru*

При выборе пути инновационного развития необходимо учитывать возможные риски и ограничения социально-экономического развития, продуцируемые перспективами постепенного вступления России в единое мировое экономическое пространство. В работе рассмотрены ключевые вызовы развитию России и регионов на долгосрочную перспективу.

Ключевые слова: глобализация, вызовы развитию, риски и ограничения социально-экономического развития, региональная политика.

---

В последние годы в российском обществе обозначился явный дефицит долгосрочного (на 10-15 и более лет) видения перспектив развития национальной экономики<sup>1</sup>.

## KEY CHALLENGES TO REGION DEVELOPMENT IN CONDITIONS OF GLOBALIZATION OF THE RUSSIAN ECONOMY

**A. V. IVANOV<sup>1)</sup>**

**L. N. PETROV<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Department of Economic Development, Belgorod Region*

<sup>2)</sup> *Belgorod State University*

*e-mail: bo@bsu.edu.ru*

Choosing a way of innovative development it is necessary to take into account the risks and restrictions of socio-economic development, produced by prospects of the gradual introduction of Russia into the whole world economic space. There considered key challenges to development of Russia and its regions for the long-term prospect.

Key words: globalization, challenges to development, risks and restrictions of socio-economic development, regional policy.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

*Иванов А.В.*

– кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и права Белгородского государственного университета

308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, Белгородский государственный университет;

e-mail: dizelsnab@mail.ru, тел. 33-22-44

---

<sup>1</sup> Караганов С.А. XXI век и интересы России // Современная Европа. 2004. №3. С. 6; Айналов Д.В. Эллинистические основы византийского искусства. СПб., 1900. С. 2.

## Приложение 2. Оформление таблиц

1. Каждая таблица должна быть пронумерована справа, иметь заголовок, расположенный по центру.

Таблица 1

### Рейтинговая оценка ЦФО за 1999-2004 гг.

Регионы	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	В среднем за	
							1999-2001 гг.	2002-2004 гг.
РФ	1,3222	1,5091	1,3470	1,4661	1,5940	1,6954	1,3928	1,5852
ЦФО	1,5028	1,9389	1,7210	1,6149	1,6888	1,6930	1,7209	1,6656

2. Таблицы не должны выходить за границы полей страницы слева и справа.

Таблица 1

### Рейтинговая оценка ЦФО за 1999-2004 гг.

Регионы	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	В среднем за	
							1999-2001 гг.	2002-2004 гг.
РФ	1,3222	1,5091	1,3470	1,4661	1,5940	1,6954	1,3928	1,5852
ЦФО	1,5028	1,9389	1,7210	1,6149	1,6888	1,6930	1,7209	1,6656

3. Если таблица располагается на 2-х страницах, ее столбцы должны быть пронумерованы на каждой новой странице, так же, как на первой.

Таблица 1

### Рейтинговая оценка ЦФО за 1999-2004 гг.

Регионы	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	В среднем за	
							1999-2001 гг.	2002-2004 гг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РФ	1,3222	1,5091	1,3470	1,4661	1,5940	1,6954	1,3928	1,5852
ЦФО	1,5028	1,9389	1,7210	1,6149	1,6888	1,6930	1,7209	1,6656

Таблица, расположенная на первой странице.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Белгородская область	1,2620	0,4169	2,2612	1,0176	1,2012	0,6413	1,3134	0,9534
Брянская область	0,9726	0,4817	0,5612	1,8653	0,9064	1,6898	0,6718	1,4872

Таблица, расположенная на следующей странице.

### Приложение 3. Оформление графических объектов

1. Изображение каждого графического объекта должно иметь номер и заголовок, расположенные по центру рисунка.

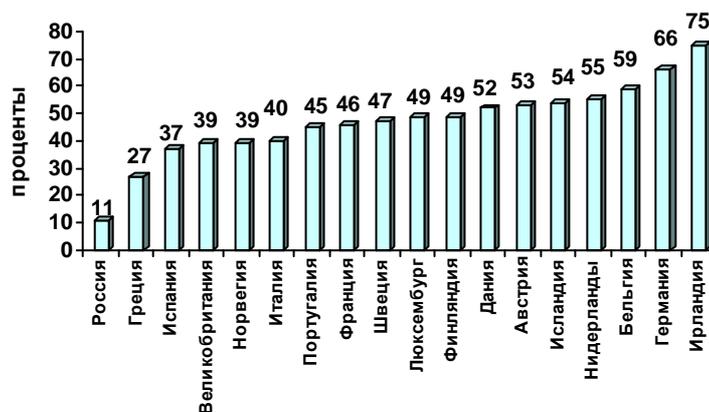


Рис. 1. Уровень инновационной активности в России, странах ЕС, Норвегии, Исландии

2. Изображение графического объекта должно быть в виде рисунка или сгруппированных объектов.

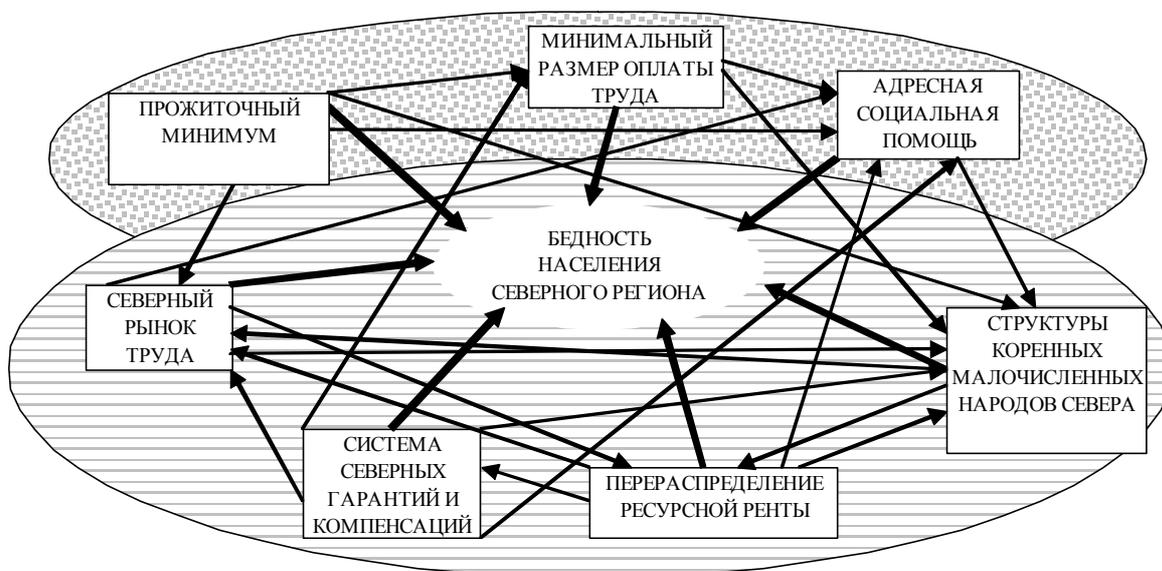


Рис. 2. Институциональная среда существования бедности населения северного региона России

3. Изображение графического объекта не должно выходить за пределы полей страницы.

4. Изображение графического объекта не должно превышать одной страницы.

За публикацию рукописи в журнале «Научные ведомости Белгородского государственного университета» плата с авторов не взимается.