

Основан в 1995 г.

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

Belgorod State University
Scientific Bulletin

Economics Information technologies

Учредитель:

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

Издатель:

НИУ «БелГУ»
Издательский дом «Белгород»

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

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

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

Выходит 4 раза в год.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Научный редактор

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

Ответственный секретарь:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ ЖУРНАЛА

Заместители главного редактора:

О.В. Ваганова,
заместитель директора по научно-
исследовательской деятельности Института
экономики, заведующий кафедрой финансов,
инвестиций и инноваций, кандидат
экономических наук (НИУ «БелГУ»)

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

Ответственные секретари:

Н.Е. Соловьева,
кандидат экономических наук, доцент
(НИУ «БелГУ»)

А.А. Черноморец,
кандидат технических наук, доцент
(НИУ «БелГУ»)

Члены редколлегии

В.В. Авилова,
заведующий кафедрой экономики, доктор
экономических наук, профессор Казанского
национального исследовательского
технологического университета

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

- Т.А. Печенегина**
Палитра экономической природы факторных доходов в обеспечении национальной безопасности регионов 5

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

- Е.Д. Стрельцова, А.И. Бородин**
Экономико-математическая модель определения приоритетности инвестиционного проекта 11

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

- Б.Г. Набиев**
Механизм государственно-частного партнерства как инструмент инфраструктурного развития экономики: возможности и ограничения 25

- М.В. Подшивалова**
Методологические принципы исследования институциональной среды малых предприятий промышленности 32

РЫНОК ТРУДА И ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ

- В.М. Московкин, Лю Явэй**
Методология оценки региональной публикационной активности и цитируемости на примере университетов Центрального федерального округа Российской Федерации 42

- Н.В. Романова**
Стратегия обеспечения достойного труда в Ростовской области до 2030 года: концептуальный аспект 53

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

- Н.В. Грызунова, И.А. Киселева**
Формирование системы показателей финансового механизма на основе лизиновой деятельности в ракурсе экологизации 64

- М.В. Радостева**
Налоговая нагрузка и методы ее оценки в современных условиях 71

- С.В. Фрумина**
Совершенствование применяемых в Российской Федерации бюджетных методов стимулирования малого бизнеса 77

УЧЕТНАЯ ПОЛИТИКА И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- С.В. Кулигина, Л.В. Усатова, Н.А. Калуцкая**
Направления развития управленческого учета на хлебопекарных предприятиях 83

А.И. Бородин,
доктор экономических наук, профессор
Департамента финансов факультета
экономических наук Национального
исследовательского университета «Высшая
школа экономики»

И.И. Веретенникова,
доктор экономических наук, профессор
кафедры финансов, инвестиций и
инноваций (НИУ «БелГУ»)

М.В. Владыка,
доктор экономических наук, профессор,
директор Института экономики,
заведующий кафедрой экономики и
моделирования производственных
процессов (НИУ «БелГУ»)

В.П. Волчков,
доктор технических наук, профессор
(Московский технический университет связи
и информатики)

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

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

С.Л. Катарджян,
заведующий кафедрой
«Предпринимательство и управление»
Ереванского государственного университета,
доктор экономических наук, профессор

Н.И. Корсунов,
заслуженный деятель науки РФ, доктор
технических наук, профессор (НИУ
«БелГУ»)

С.А. Кучерявенко,
заместитель директора по учебной и
методической работе Института экономики
НИУ «БелГУ», кандидат экономических
наук

С.И. Маторин,
доктор технических наук, профессор
(НИУ «БелГУ»)

И.Е. Рисин,
заслуженный деятель науки РФ, доктор
экономических наук, профессор
(Воронежский государственный
университет)

В.Г. Рубанов,
заслуженный деятель науки РФ, доктор
технических наук, профессор
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

В.И. Тинякова,
доктор экономических наук, профессор
ФГБОУВО «Российский государственный
гуманитарный университет»

А.Б. Титов,
доктор экономических наук, профессор
кафедры экономики и управления в сфере
услуг Санкт-Петербургского
государственного экономического
университета

Статьи представлены в авторской редакции
Выпускающий редактор *Л.П. Котенко*
Корректура, компьютерная
верстка *Ю.В. Иващенко*

Оригинал-макет *Н.Е. Соловьёва,*
Е.В. Болгова

Подписано в печать 20.06.2017

Формат 60×84/8

Гарнитура Georgia, Impact, Times New Roman

Усл. п. л. 25,0

Заказ 141

Цена свободная

Тираж 1000 экз.

Дата выхода 30.06.2017.

Подписной индекс в Объединённом каталоге
«Пресса России» – 94108

Оригинал-макет подготовлен
и тиражирован в Издательском доме
«Белгород»

Адрес: 308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

С.А. Сорокин, С.М. Чудинов, А.П. Сорокин, Е.В. Болгова
Методы оценки производительности вычислительных комплексов 89

Г.А. Мамаева, В.И. Халимон, С.А. Лазарев
Разработка экономико-математической динамической модели оценки
инвестиций, необходимых для реализации портфеля ит-проектов
при сохранении предприятием заданного уровня рентабельности 97

А.Н. Коваленко, А.А. Черноморец, М.А. Петина
О применении нейронных сетей для решения дифференциальных уравнений
в частных производных 103

Е.В. Болгова
О сосредоточенности энергии косинусного преобразования 111

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

А.В. Звягинцева
Событийная оценка состояния городов России по комплексу социально-
экономических показателей 122

Е.С. Сорокина, И.В. Скрипина
Экспертная оценка приоритетности объектов инвестирования на основе метода
анализа иерархий 133

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

С.П. Белов, С.И. Маторин, Ан.С. Белов, В.В. Красильников, С.В. Жеребцов
Повышение структурной скрытности систем спутниковой связи
на основе применения сложных канальных сигналов с линейной частотной
модуляцией 142

И.А. Сайтов, О.О. Басов, О.В. Романюк, Д.В. Шелковый
Модель узла коммутации корпоративной мультисервисной сети связи 148

В.В. Савченко, Д.Ю. Акатьев
Информационная технология речевого профайлинга 157

С.В. Уманец
Распознавание ключевого слова на основе субполосного преобразования
с применением алгоритма динамического искажения 166

С.П. Белов, С.А. Рачинский, А.С. Белов, Ан.С. Белов, Н.О. Ефимов
О влиянии доплеровского сдвига частоты на помехоустойчивость спутниковых
телекоммуникационных систем со сложными сигналами 179

Е.Г. Жилияков, П.Г. Лихолоб, Я.В. Цыбина, Е.С. Лихогодина
О применении стеганографических методов для аутентификации сигналов,
содержащих речевое сообщение 187

Сведения об авторах 198

Founded in 1995

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

**НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ
Белгородского государственного университета
Экономика Информатика**

Founder:

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

Publisher:

Belgorod State National Research University
Belgorod Publishing House

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

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

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-chief

O.N. Poluchin,

Rector of Belgorod State National Research
University, Doctor of political sciences, Professor

Deputy editor-in-chief

I.S. Konstantinov,

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

Scientific Editor

V.M. Moskovkin,

Professor of World Economy Department
of Belgorod State National Research
University, Doctor of Geographical Sciences

O.V. Shevchenko,

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

**EDITORIAL BOARD OF JOURNAL
SERIES**

Deputies of chief editor:

O.V. Vaganova,

the deputy director on research activities of Institute
of economy, head of department of Finance,
investments and innovations, Candidate of
Economic Sciences
(Belgorod State National Research University)

E.G. Zhilyakov,

Doctor of technical sciences, Professor
(Belgorod State National Research University)

Editorial assistants:

N.E. Solovyova,

Candidate of Economic Sciences, Associate professor
(Belgorod National Research University)

A.A. Chernomorets,

Candidate of technical sciences, Associate professor
(Belgorod National Research University)

Members of editorial board:

V.V. Avilova,

head of the department of economy, Doctor
of Economics, professor of the Kazan national
research technological university

CONTENTS

REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

T.A. Pechenegina

Palette the economic nature of the factor income in providing the national
security of the regions 5

INVESTMENT AND INNOVATIONS

E.D. Streltsova, A.I. Borodin

Economic-mathematical model of determination of priority
of the investment project 11

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

B.G. Nabiyeu

Mechanism of ppp as instrument of infrastructure development
of economy: opportuni ties and restrictions 25

M.V. Podshivalova

Methodological principles of the research institutional environment
of small enterprises industries 32

LABOR MARKET AND ECONOMIC EDUCABLE AND BUSINESS

V.M. Moskovkin, Liu Yawei

Methodology for assessing regional publication activity and citation: a case
study of the Central federal district universities of the Russian Federation 42

N.V. Romanova

The strategy of decent work in the Rostov region till 2030: the conceptual aspect ... 53

PUBLIC AND BUSINESS FINANCE

N.V. Gryzunova, I.A. Kiseleva

Formation of system of indicators of the financial mechanism on the basis
of leasing activities from the perspective of greening 64

M.V. Radosteva

The tax burden and assessment methods in modern conditions 71

S.V. Frumina

Improve the implementation of the Russia budget methods to promote
the business 77

ACCOUNTING POLICIES AND MEASUREMENT STATISTICS

S.V. Kuligina, L.V. Usatova, H.A. Kalutskaya

Directions of development of management accounting at the enterprises
of baking 83

COMPUTER SIMULATION HISTORY

S.A. Sorokin, S.M. Chudinov, A.P. Sorokin, E.V. Bolgova

Methods for evaluating the performance of computer systems 89

A.I. Borodin,
 Doctor of Economics, professor of Finance
 department of faculty of economy, National research
 university "Higher School of Economics"

I.I. Veretennikova,
 Doctor of Economics, professor of department
 of Finance, investments and innovations (Belgorod
 State National Research University)

M.V. Vladyka
 director of Institute of economy, head of the
 department "Economy and modeling of production
 processes". (Belgorod State National Research
 University), Doctor of Economics, professor

V.P. Volchkov,
 Doctor of technical sciences, Professor (Moscow
 Technical University of Communications
 and Informatics)

V.D. Dmitrienko,
 Doctor of technical sciences, Professor
 (Kharkov National Technical University)

V.I. Kapalin,
 Doctor of technical sciences, Professor (Moscow
 State Institute of Electronics and Mathematics
 (Technical university))

S.L. Katardzhyan,
 Head of the department "Entrepreneurship
 and Management" Yerevan State University,
 Doctor of Economics, professor

N.I. Korsunov,
 Honoured Science Worker of Russian
 Federation, Doctor of technical sciences,
 Professor (Belgorod State National Research
 University)

S.A. Kucheryavenko,
 Candidate of Economic Sciences, the deputy director
 on educational and methodical work of Institute
 of economy (Belgorod State National Research
 University)

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

I.E. Risin,
 Honoured Science Worker of Russian
 Federation, Doctor of economical sciences, Professor
 (Voronezh State University)

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

V.I. Tinyakova,
 doctor of Economics, professor of Federal state-
 funded educational institution of the higher
 education "Russian State Humanitarian University"

A.B. Titov,
 Doctor of Economics, professor of "Economies and
 Managements in Service Trade" department,
 Sankt-of the St. Petersburg State Economic
 University

G.A. Mamaeva¹, V.I. Halimon¹, S.A. Lazarev²

Development of the economicmathematical dynamic model of investment
 appraisal required for the implementation of the it project portfolio while
 maintaining by the enterprise a given level of profitability 97

A.N. Kovalenko, A.A. Chernomorets, M.A. Petina
 On the neural networks application for solving of partial differential
 equations 103

E.V. Bolgova
 About cosine transform energy concentration 111

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

A.V. Zviagintseva
 Event assessment of Russian cities' condition on a complex of social
 and economic indexes 122

E.S. Sorokina, I.V. Skripina
 Expert assessment of priority of subjects to investment on the basis
 of the method of the analysis of hierarchies 133

INFORMATION TECHNOLOGIES AND TELECOMMUNICATION

**S.P. Belov, S.I. Mathorin, An.S. Belov, V.V. Krasilnikov,
 S.V. Gerebtsov**
 Increase of structural stealth of satellite communication systems based
 on use of complex channel signals with linear frequency modulation 142

I.A. Saitov, O.O. Basov, O.V. Romanyuk, D.V. Shelkovyy
 The company multiservice network node model 148

V.V. Savchenko, D.Yu. Akatyev
 Information technology of speech profiling 157

S.V. Umanets
 Keyword recognition based on subband transformation with application
 dynamic time warping algorithm 166

S.P. Belov, S.A. Raczyński, A.S. Belov, An.S. Belov, N.O. Efimov
 On the impact of doppler frequency shift on the noise immunity
 of telecommunication systems with complex signals 179

E.G. Zhilyakov, P.G. Likholob, Ya.V. Cybina, E.S. Likhologodina
 About the application of steganographic methods for authentication
 of signals containing voice message 187

Information about Authors 198

The articles are given in authors` editing

Commissioning Editor *L.P. Kotenko*

Proofreading, computer
 imposition *Y.V. Ivakhnenko*

Dummy layout by *N.E. Solovyova, E.V. Bolgova*

Passed for printing 20.06.2017

Format 60x84/8

Typeface Georgia, Impact, Times New Roman

Printer's sheets 25,0

Order 141

Circulation 1000 copies

Date of publishing: 30.06.2017

Subscription reference in The Russian

Press common catalogue – 94108

Dummy layout is replicated at Publishing House

"Belgorod", Belgorod State National Research

University

Address: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

УДК. 338.22.021.4

ПАЛИТРА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ФАКТОРНЫХ ДОХОДОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ

PALETTE THE ECONOMIC NATURE OF THE FACTOR INCOME IN PROVIDING THE NATIONAL SECURITY OF THE REGIONS

Т.А. Печенегина

T.A. Pechenegina

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет», Россия, г. Пермь

FGBOU VPO "The Perm national research
polytechnical university", Russia, Perm

E-mail: pechenegina52@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящается экономической природе факторных доходов как институциональной форме реализации собственности. Доказывается, что применяя инструменты логической диалектики, а именно метод восхождения от конкретного к абстрактному, ступенью анализа факторных доходов должно стать выявление субстанции стоимости ценностей. Цель данного исследования – обозначить роль налогов в формировании доходов бюджетов субъектов Российской Федерации, выделить налоги, в большей степени способные поддерживать финансовую самостоятельность регионов и обеспечить национальную экономическую безопасность регионов.

Abstract

It is devoted to the economic nature of the factorial income as institutional form of realization of property. It is proved that using tools of logical dialectics, namely an ascension method from concrete to abstract, but identification of substance of cost of values has to become a step of the analysis of the factorial income. An objective of this research to designate a role of taxes in formation of the income of budgets of subjects of the Russian Federation, to allocate taxes, more capable to maintain financial independence of regions and to ensure national economic security of regions.

Ключевые слова: Налог, налоговые доходы, неналоговые доходы, бюджет, налоговая нагрузка.

Keywords: Tax, tax revenues, non-tax revenues, budget, tax burden.

Введение

Оптимальный размер и содержание налоговой нагрузки – центральная макроэкономическая проблема для любого государства. Значимость данного вопроса сводится к тому, что через показатели, характеризующие налоговую нагрузку, можно сказать, что сложившийся уровень налоговой нагрузки показывает степень централизации и обобществления ВВП и его составных частей, отражает объективные рыночные и налоговые закономерности, модели налоговой политики, экономической модели и достигнутой уровень социально-экономического развития страны.



Основные результаты исследования

Одной из наиболее существенных аспектов функционирования налоговой системы государства является воздействие налоговой нагрузки на граждан страны.

Для любой страны существующая нормативно-правовая система налогообложения является базой по определению налоговой нагрузки на граждан. В каждой стране основным документом признается налоговый кодекс, согласно которому любой гражданин обязан уплачивать в соответствии с законодательством страны налоги или сборы. Налоговая нагрузка – это показатель совокупного воздействия налогов на экономику страны в целом или на личный бюджет отдельного налогоплательщика. Ведь именно налоговые доходы формируют главную часть бюджета страны, обеспечивая тем самым ее жизнедеятельность.

Во всех странах не существует единых и универсальных равновесных параметров налоговой нагрузки – налоговых граней, а также оптимума. Во множестве стран имеет место быть соотношение к известным параметрам „Кривой Лаффера” – 35-40% к ВВП, соотношение в 37% стало точкой для налогового оптимума, основа определена экономистами США в 70-х гг. XX в., и в XXI в. используется многими специалистами в качестве базы сравнения налоговой нагрузки [1].

По причине стремительного экономического роста в России налоговая нагрузка заметно превзошла общесредний показатель по странам ОЭСР – 33,8%. Подчеркнем, что страны, являющиеся конкурентами России за получение инвестиций, имеют более низкие показатели по налоговой нагрузке. Например, такие страны как Чили и Мексика, Корея и Турция: у первой пары результат соотношения доходов с налогов к ВВП составляет примерно 20%, у второй – 25% соответственно [12].

Стоит также отметить, что степень налоговой нагрузки России близка к Канаде (36,8%) и Англии (37,2%), но планка потенциала человеческого развития у России находится по шкале соизмерения на 66-м месте против 5-го и 28-го. Одним из главных показателей экономической безопасности страны является изменение цен на продовольствие, а именно рост цен. Данный показатель играет ключевую роль, так как на его основе определяется прожиточный минимум – официальный маркер бедности населения.

Согласно источникам Росстата, в экономике теневой сектор по доле от ВВП составляет порядка 16%. С другой стороны, по оценке Всемирного банка, от ВВП теневая доля составляет около 52%.

Для снижения коррупции и теневой доли эффективной мерой может послужить привлечение частных структур к осуществлению деятельности по антикоррупции и возложения на них ряда полномочий, а также своевременное предоставление широким слоям населения максимально полной информации о деятельности государственных структур [9]. Для понижения коррупции и выхода из теневого бизнеса необходимо перейти на безналичный расчет, что позволит участвовать в сделках третьей стороне, где она будет выступать, как орган контроля. Таким образом, все финансовые операции организации будут осуществляться по безналичному расчету, следовательно, возможные уклонения от взаиморасчетов и соблазна воспользоваться расчетом за наличные сведутся к минимуму.

В документе «Основные направления налоговой политики до 2020 года» прописаны изменения по страховым взносам, НДФЛ, налогам на имущество, налогам на землю. Повышение поступлений налоговых платежей в казну страны предполагает изменение шкалы НДФЛ, то есть переход к прогрессивной шкале при определении необлагаемого минимума. В связи с этим главным источником дохода для бюджета регионов признается НДФЛ. Факт произошедшего снижения доли НДФЛ из-за увеличения страховых взносов снижает и без того низкую обеспеченность регионов.

Бюджеты регионов не справляются со своей главной задачей – поддержанием стабильности экономики региона.

Региональный бюджет Пермского края на 2016 г. сократился почти на 10 млрд. руб. относительно прошлогоднего [7]. На падение налоговых поступлений повлияли кризисные явления в экономике страны. В пересчете на курс доллара доходы краевой казны снизились



на десятилетие назад. Плановые доходы бюджета в 2015 г. так же, как и фактические показатели 2006 г., равны 1,6 млрд \$. Однако в рублевом выражении доходная часть бюджета за десятилетие выросла более чем в два раза: с 43 млрд руб. до 96 млрд руб. Падение поступлений в бюджет в 2016 г. уменьшает доходную часть до 1,5 млрд \$. Для сравнения: в 2008 г. бюджет Пермского региона составлял 3,6 млрд \$ (86 млрд руб.).

Валовый региональный продукт в долларовом выражении также упал ниже уровня 2007 г. Однако в последнее десятилетие ВРП демонстрировал иную динамику, чем доходная часть бюджета. Так, следуя общероссийской картине, максимальное выражение составило – \$28,8 млрд (897,6 млрд руб.) в 2012 году.

Все большую часть в расходах бюджета составляет выплата заработной платы работникам бюджетной сферы. С 2009 г. фиксируется рост с 24,1% до 43% от общей суммы расходов бюджета (с 17,8 до 45,9 млрд руб.). Обратную динамику показывает размер инвестиционных расходов, снизившийся с 9,5% в 2009 г. до 1,4% в 2014 г.; с 6,9 до 1,5 млрд руб. соответственно. Плановый показатель на 2015 г. – 4 млрд руб. (4,1% от всех расходов бюджета) оказался гораздо ниже фактического освоения средств. Госдолг региона в 2015–2016 гг. вырос относительно показателя 2014 г. почти в 25 раз. При этом в перерасчете на душу населения (4,7 тыс. руб.) госдолг Пермского края является одним из самых низких по стране – регион входит в десятку субъектов РФ с самыми низкими показателями. Ситуация может кардинально измениться: в проекте закона о бюджете на 2016 – 2018 гг. предполагается резкое увеличение госдолга: предельный объем на 2016 г. предполагается в размере 31,12 млрд руб., или 36,4% от объема собственных доходов бюджета; на 2017 г. – 40,38 млрд руб. или 43,5%; на 2018 г. – 48,96 млрд руб. или 50,0%.

Анализ основных социально-экономических показателей регионов России в 2015 г. показывает, о отрицательных показателях, кроме Москвы и Московской области, но зато наблюдается снижение показателя рождаемости и смертности.

За 25 лет органы исполнительной власти в области региональной политики: разрабатывали концепции и стратегии регионального развития, выделяли «опорные регионы», «локомотивы роста» и «полюса», а затем зоны территориального развития (ЗТРы) и территории опережающего развития (ТОРы), повышали инвестиционный климат регионов, создавали специальные комиссии, ведомства и даже министерства, а положительной динамики не наблюдалось. Рассмотрим федеральные ведомства занимающиеся региональной политикой России за последние 25 лет.

**Федеральные ведомства, курирующие региональную политику
Federal agencies responsible for regional policy**

п/п	Федеральные Ведомства	Период
1	Министерство Российской Федерации по делам национальной и региональной политики.	1994-1996 гг.
2	Министерство Российской Федерации по делам национальностей и федеративных отношений.	1996-1998 гг.
3	Министерство региональной политики Российской Федерации.	1998-1999 гг.
4	Министерство Российской Федерации по делам федерации и национальностей.	1999-2000 гг.
5	Министерство по делам федерации, национальной и миграционной политики Российской Федерации.	2000-2001 гг.
6	Министерство регионального развития.	2004-2014 гг.
7	Федеральное агентство по делам национальностей.	С 2015 г. по настоящее время

Таким образом, проведя анализ ведомств по решению вопросов региональной политики можно сделать вывод, о существующих проблемах: русское население вымирает, естественный прирост держится только благодаря высокой рождаемости в



национальных республиках РФ, население мигрирует, растет безработица, падают объемы розничной торговли и промышленного производства, растут цены. Следовательно, необходимо проводить налоговое администрирование в учреждениях по реорганизации и ликвидации некоторых ведомств, а также перераспределение функций между ними для решения перечисленных проблем регионов [6].

По данным Росстата в 2015 г. из 79 дотационных субъектов РФ более половины – 49 – имеют дефицит консолидированных бюджетов. То есть более половины субъектов РФ – банкроты [10].

К регионам, получающим наибольший объем дотаций (дотация на одного жителя) на 2015 г., относятся:

Республика Саха Якутия	50,714 млрд руб.	53053 руб. (на одного жителя);
Республика Дагестан	42,892 млрд руб.	14637 руб. (на одного жителя);
Камчатский край	31,805 млрд руб.	97082 руб. (на одного жителя);
Чеченская республика	17,523 млрд руб.	13546 руб. (на одного жителя);
Республика Бурятия	13,735 млрд руб.	14140 руб. (на одного жителя);
Карачаево-Черкесская республика	6,434 млрд руб.	13554 руб. (на одного жителя);
Республика Тыва	11,307 млрд руб.	36599 руб. (на одного жителя).

Налоговый потенциал регионов – это прежде всего переход к прогрессивной шкале по налогообложению доходов с физических лиц, ввод необлагаемого минимального дохода, планируемый ввод налога на имущество физических лиц взамен двух местных налогов, а именно земельного и на имущество физических лиц.

Следовательно, в России изменения в области налогообложения должны стимулировать процессы развития экономики регионов. Так, например, стимулирование строительства доступного жилья и использования земли (ИЖС через Белгородскую корпорацию) эффективно работает в Белгородской области [13]. Целью ввода нового налога взамен 2-х местных налогов на имущество считается увеличение поступлений в бюджет местных образований за счет цен на жилье, которые диктует рынок. В условиях бюджетного голода местные образования пойдут на риск и поднимут ставки максимально высоко, а это, в свою очередь, приведет к снижению масштабов строительства жилья и затормозит рост качества жизни населения. Исходя из этого, возникает противоречивость в целесообразности введения новых налогов, так как государственное управление стремится повысить поступления в бюджет, повышая тем самым налоговую нагрузку, но при этом не обеспечивая роста развития страны.

В то же время некоторые политические деятели высказываются за то, чтобы не повышать налоговую нагрузку, отказаться от введения новых налогов и направить основное внимание на целесообразное распределение бюджета [11].

Следовательно, высокая налоговая нагрузка физических и юридических лиц снижает деловую активность и инвестиции. Средняя норма накоплений в России в последнее десятилетие не превышала по годам 20%. Россия находится по этому важнейшему показателю в конце списка ведущих и средних стран мира.

Ростом налогов не покрыть непроизводительные второстепенные бюджетные расходы по спортивным мегапроектам, завышенным расходам на эффективность силовых структур, государственного управления и т. д. Необходимо также выравнивание доходов бюджета через перераспределение прав на управление налоговой базой, закрепление налоговой базы за определенным уровнем власти.

Неналоговые доходы могут многократно увеличить доходную часть региональных и местных бюджетов: сдача в лизинг и аренду госимущества, земли, лесов и водоемов; полное изъятие рентных доходов; выпуск федеральных, региональных и муниципальных ценных бумаг; расширение финансовых источников неналоговых доходов.

Основная часть доходов во все уровни бюджета формируется за счет поступлений налога на прибыль 37,8 млрд руб. (37,9%), налога на доходы с физических лиц 28,2 млрд руб. (28,3%). Налоговые доходы занимают наибольший удельный вес в общем объеме

доходов – 98%, причем доля расходов по государственным программам составляет 98,5% от общего объема расходов краевого бюджета, а не программная (1,5%) часть.

Пермский край пользуется пониженной ставкой по налогу на прибыль и при этом имеет достаточно высокий уровень поступлений от этого налога, и краевой бюджет наполняется за счет поступлений этого налога больше, чем на 40%. На 28% доходы бюджета Пермского края обеспечиваются поступлениями налога на доходы физических лиц, больше 10% доходов приносит налог на имущество организаций. Аналог картины можно видеть в иных регионах, статданные Минфина России свидетельствует о том, что наибольшую значимость в величине потенциала налога регионов составляют налоги на прибыль и на имущество организаций.

В современном государстве налоги и сборы являются главными источниками налоговых доходов страны. Поэтому для регулирования развития и роста экономики страны необходимо разрабатывать налоговую политику и стратегию на орпеределенный срок. В России, включая все регионы, подъем экономики и качество роста должны зависеть от оценки и контроля эффекта налогового регулирования.

Основные выводы

В ходе проделанного исследования был сделан вывод о том, что в России система налогообложения держит курс на увеличение доходов бюджета от налогов и сборов, что в результате способствует к завышенному совокупному налоговому бремени налогоплательщиков. Налоговая политика сосредоточена на фискальных целях, так как в нашей стране главной функцией налогов признается фискальная. Поэтому не выполняет должным образом задачи стимулирования и регулирования экономики.

При решении вопросов модернизации налоговой системы необходимо держать курс на снижение налоговой нагрузки, но данный процесс должен быть естественным. Для удержания налоговой нагрузки в существующих границах и обеспечения экономического роста страны необходимы общественный контроль расхода бюджетных средств и эффективное их распределение и использование.

Список литературы

References

1. Бюджетная система российской Федерации: Учебник / О.В. Врублевская и др.; Под ред. О.В. Врублевской, М.В. Романовского. – 3-е издание, исправленное и переработанное – М. : Юрайт-Издат, 2004.

Budgetary system of the Russian Federation: Textbook / O. V. Vrublevskaya, etc.; Under the editorship of O. V. Vrublevskaya, M. V. Romanovsky. – the 3rd edition corrected and processed – M.: Yurayt-Izdat, 2004.

2. Грязнова А.Г. – «Финансы», учебник -2-е изд., перераб. И доп., 2010.

Gryaznova A. G. – "Finance", the textbook - the 2nd prod., reslave. And additional, 2010.

3. Загородников С.В. – Финансы и кредит, учебное пособие; серия Библиотека высшей школы, изд. Омега-Л, 2008.

Zagorodnikov S. V – Finance and credit, manual; Library of the Higher School series, prod. Omega-L, 2008.

4. Логинов С.А., Павлова Е.Г. Инвестиционные факторы экономического роста // Экономические науки. – 2014 – № 8 – с.55.

Logins S. And., Pavlova E. G. Investment factors of economic growth//Economic sciences. – 2014 – No. 8 – page 55.

5. Набиев Р.А. «Финансовая политика России», учеб. пособие. – 2-е изд., перереб. И доп. Под ред. Р.А. Набиева и др. – М. : ИНФРА-М.2008

Nabiyev R. A. "Financial policy of Russia", studies. grant. – 2nd prod., перереб. And additional Under the editorship of R. A. Nabiyev, etc. – M.: INFRA-M.2008.

6. Ретинг. База метров.<http://cherkesk.bezformata.ru/listnews/est-balupolovini-subektov/41903314>



- Reting. Base metrov.<http://cherkesk.bezformata.ru/listnews/est-balupolovini-subektov/41903314>.
7. Бюджет Пермского края // <http://budget.permkrai.ru/budget/principles/>
Budget of Perm Krai//<http://budget.permkrai.ru/budget/principles/>
8. Послание Президента РФ В.В. Путина Федеральному собранию от 3 декабря 2015 года
<http://www.garant.ru/products/ipo/primeldoc/71165528/>
The message of the Russian President V. V. Putin to Federal Assembly of December 3, 2015
<http://www.garant.ru/products/ipo/primeldoc/71165528/>
9. Большая пресс конференция Владимира Путина от 17 декабря 2015 года
<http://www.Kremlin.ru/events/president/news/50971>
Big press conference of Vladimir Putin of December 17, 2015 <http://www.Kremlin.ru/events/president/news/50971>
10. Результаты распределения дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации на 2013–2015 гг. тыс. руб. <http://www.minfin.ru/conon/img/uploaded/.../09FFRR2013-2015pdf>.
Results of distribution of grants for alignment of fiscal capacity of subjects of the Russian Federation for 2013-2015 of.../09FFRR2013-2015pdf <http://www.minfin.ru/conon/img/uploaded/thousand rubles>.
11. Учиться жить по средствам <http://newsko.ru/articles/politics/options/16.04.13uchitsazhit-po-sredstvam.Html/>
Learn to live within your means <http://newsko.ru/articles/politics/options/16.04.13uchitsazhit-po-sredstvam.Html/>
12. Шевяков А. Снижение избыточного неравенства и бедности как фактор экономической динамики и роста инновационного потенциала России// Общество и экономика, 2006 11-12 с.26.
Shevyakov A. Decrease in excess inequality and poverty as factor of economic dynamics and growth of innovative capacity of Russia//Society and economy, 2006 11-12 page 26.
13. Соловьева Н.Е. Зависимость налоговых доходов бюджета Белгородской области от валового регионального продукта/ Н.Е. Соловьева, Д.С. Лисицкий/ Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. Красноярск, №3, 2016.- С. 212-215.
Solovjeva N. E. Dependence of the tax income of the budget of the Belgorod region on a gross regional product / N. E. Solovjeva, D. S. Lisitskiy/ Konkurentosposobnost in the global world: economy, science, technologies. Krasnoyarsk, No. 3, 2016. - Page 212-215/

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

INVESTMENT AND INNOVATIONS

УДК 615.035.4

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINATION OF PRIORITY OF THE INVESTMENT PROJECT

Е.Д. Стрельцова, А.И. Бородин
E.D. Streltsova, A. I. Borodin

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ),
им. М.И. Платова, г. Новочеркасск
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow

Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Москва
Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

E-mail: aib-2004@yandex.ru

Аннотация

В статье предложен новый подход к проектно-экологическому анализу инвестиционных проектов на этапе экологического скрининга, основной задачей которого является определение степени соответствия имеющихся в базе инвестиционных проектов экологическим критериям и установление их приоритетности. Этот подход заключается в формальном описании слабоструктурированных результатов экспертных оценок инвестиционных проектов с точки зрения их экологической привлекательности, построении на этой основе экономико-математических моделей и включения их в процесс проектно-экологического анализа. В аспекте реализации этого подхода авторами построен комплекс экономико-математических моделей, позволяющих формализовывать и накапливать знания экспертов-профессионалов на базе применения математического аппарата нечёткой алгебры и нечёткой логики. Модель производит оценку соответствия инвестиционных проектов экологическим критериям на основе классификации по степени воздействия на окружающую среду, а также на основе экологических критериев инвестора.

Abstract

In article new approach to project ecologically analysis of investment projects at a stage of ecological screening which main objective is determination of degree of compliance of the investment projects which are available in base to ecological criteria and establishment of their priority is offered. This approach consists in the formal description of semistructured results of expert evaluations of investment projects from the point of view of their ecological appeal, creation on this basis of economic-mathematical models and their inclusion in process of the project and ecological analysis. In aspect of implementation of this approach by authors the complex of the economic-mathematical models allowing to formalize and accumulate knowledge of professional experts based on application of a mathematical apparatus of indistinct algebra and fuzzy logic is constructed. The model makes assessment of conformity of investment projects to ecological criteria on the basis of classification by extent of impact on the environment, and also on the basis of ecological criteria of the investor.



Ключевые слова: проектно-инвестиционный анализ, качественные характеристики, регион, экологический скрининг, экономико-экологическое развитие региона, нечеткая алгебра

Keywords: the project and investment analysis, quality characteristics, the region, ecological screening, economical and ecological development of the region, indistinct algebra

Введение

В настоящее время развивается новое направление риск-менеджмента инвестиционных проектов на базе оценки экологических последствий их влияния на окружающую среду как важнейших факторов принятия хозяйственных решений и устойчивого развития экономики.

Процедура экологической оценки инвестиционных проектов состоит из следующих этапов [1]:

- экологический скрининг, на котором осуществляется предварительный обзор проекта и определяется его категория по степени воздействия на окружающую среду;
- первичный экологический анализ, нацеленный на получение характеристик основных экологических проблем, на решение которых направлен рассматриваемый инвестиционный проект; на этом этапе составляется техническое задание;
- детальная экологическая оценка, предусматривающая проведение исследований, направленных на подтверждение экологической эффективности инвестиционного проекта и возможности достижения планируемого экологического эффекта;
- согласование перечня экологических условий реализации инвестиционного проекта и включение его в юридические документы по проекту;
- экологический контроль над реализацией инвестиционного проекта;
- экологический анализ результатов инвестиционного проекта.

На этапе отбора потенциальными инвесторами инвестиционных проектов и принятия решений о включении их в программы финансирования особую роль играет первый этап – этап экологического скрининга. На этом этапе основной задачей является определение степени соответствия имеющихся в базе инвестиционных проектов экологическим критериям и установление их приоритетности. Решение этой задачи осуществляется в условиях неопределённости, т.к. состояние окружающей среды в подавляющем большинстве случаев не поддаётся количественному описанию и приводит к необходимости обработки информации качественного характера. Экологический скрининг предполагает решение следующих задач [1]:

- классификация инвестиционных проектов по степени воздействия на окружающую среду;
- установление соответствия инвестиционного проекта экологическим критериям;
- определение приоритетности инвестиционного проекта;
- подготовка меморандума об экологическом скрининге.

В статье, реализуя подход изменения экологической стратегии с природоохранной на предупреждающую, предложен инструментарий, осуществляющий двухэтапную процедуру проведения экологического скрининга. Первый этап предусматривает рассмотрение заявок на финансирование проекта с целью их классификации и установления соответствия экологическим критериям. Второй этап заключается в установлении приоритетности финансирования инвестиционных проектов, отобранных при реализации первого этапа. Предложенный инструментарий оценки экологической привлекательности (приемлемости) на этапе экологического скрининга представляет собой комплекс экономико-математических моделей $MOD = \langle M_1, M_2 \rangle$, где M_1 – модель определения соответствия инвестиционных проектов экологическим критериям, M_2 – модель определения приоритетности экологического проекта (рис.1). В данной статье рассмотрим модель определения приоритетности инвестиционного проекта.

Основная часть

Приоритетность финансирования информационных проектов можно установить по объекту неблагоприятного воздействия, на преодоление которого направлена реализация ИП (табл.1.) [2];

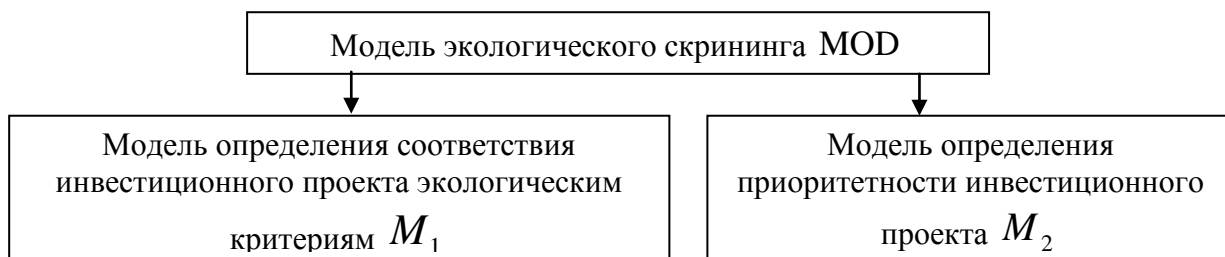


Рис. 1. Комплекс моделей для проведения экологического скрининга
 Fig. 1. A complex of models for carrying out ecological screening

- экологическая ситуация на территории реализации ИП (табл. 2);
- вид снижаемого (предотвращаемого) воздействия на окружающую среду (табл. 3).

Масштаб воздействия инвестиционного проекта на окружающую среду оценивается по семибалльной шкале и представлен таблицей 1. Из таблицы видно, что масштаб воздействия проектов на окружающую среду оценивается по семибалльной шкале [2].

Таблица 1
 Table 1

**Масштаб воздействия инвестиционного проекта на окружающую среду
 Scale of impact of the investment project on the environment**

Масштаб	Баллы	Обозначение
Национальный: охватывает экономические регионы России (например, Центр, Западная Сибирь, Урал и т. д.) или территорию субъекта Российской Федерации	7	Naz
Региональный: охватывает город, регион	5	Reg
Местный: охватывает территорию микрорайона, села, муниципалитета	3	Mes
Локальный: охватывает промышленную зону предприятия	2	Loc

Характеристика воздействия инвестиционных проектов на окружающую среду приведена в таблице 2. При этом экологическая ситуация на территории оценивается по девятибалльной шкале [3].

Таблица 2
 Table 2

**Объекты воздействия на окружающую среду
 Objects of impact on the environment**

Характеристика объекта воздействия	Баллы	Обозначение
Крайне неблагоприятная: экологическое бедствие, чрезвычайная ситуация, территория особой природной чувствительности, особо охраняемая и т. д.	9	BEZ
Здоровье населения: сложившийся уровень загрязнения на территории представляет определенную угрозу	6	Zdor
Отдельные природные компоненты и экосистемы (подземные и поверхностные воды, атмосферный воздух, почвы, растительный и животный мир и т. д.)	5	Otd
Природные ресурсы	3	Prir



Характеристику экологической ситуации предложено оценивать по девятибалльной шкале [3] (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Характеристика экологической ситуации на территории реализации инвестиционного проекта
The characteristic of an ecological situation in the territory of realization investment project

Характеристика ситуации	Баллы	Обозначение
Крайне неблагоприятная: экологическое бедствие, чрезвычайная ситуация, территория особой природной чувствительности, особо охраняемая и т. д.	9	Knbl
Неблагоприятная: территория с высокой плотностью населения, городские агломерации, высокая степень антропогенной нагрузки на окружающую среду	5	Nbl
В целом благоприятная, хотя существуют отдельные источники значительного загрязнения окружающей среды	2	Bl

Вид снижаемого (предотвращаемого) воздействия на окружающую среду в результате реализации инвестиционного проекта (табл. 4) предложено оценивать по девятибалльной шкале [3].

Таблица 4
Table 4

Вид снижаемого (предотвращаемого) воздействия на окружающую среду в результате реализации инвестиционного проекта
Type of the reduced (prevented) impact on the environment as a result of implementation of the investment project

Вид воздействия на окружающую среду	Баллы	Обозначения
Загрязнение атмосферного воздуха	9	Zaw
Загрязнение, забор поверхностных вод, загрязнение твёрдыми отходами	6	Zto
Загрязнение почвы	3	Zp
Шум, вибрация, запахи	1	Wib

Как указывалось ранее, для определения приоритетности инвестиционных проектов, отнесённых на предыдущем этапе моделью M_1 к классам S и NPS , в статье модель M_2 , задача определения приоритетности ставится следующим образом. Обозначим множество инвестиционных проектов, отнесённых к классам S и NPS через $Pr og = \{Pr og_1, Pr og_2, \dots, Pr og_n\}$. Систему входных переменных, на базе которых осуществляется экспертная оценка приоритетности инвестирования проектов $Pr og$, обозначим $\langle Masht, Wozd, Es, Wid \rangle$, где $Masht$ – масштаб воздействия на окружающую среду в соответствии с таблицей 1, $Wozd$ – объекты неблагоприятного воздействия, на преодоление которого направлена реализация инвестиционного проекта (табл. 2), Es – показатели экологической ситуации на территории реализации инвестиционного проекта (табл. 3), Wid – характеристика вида снижаемого (предотвращаемого) воздействия на окружающую среду (табл. 4).

Задача ставится таким образом, чтобы для любых комбинаций значений входных переменных $\langle Masht, Wozd, Es, Wid \rangle$, поставленных экспертами, определить уровень приоритетности *Prioritet* инвестиционного проекта (рис. 1).

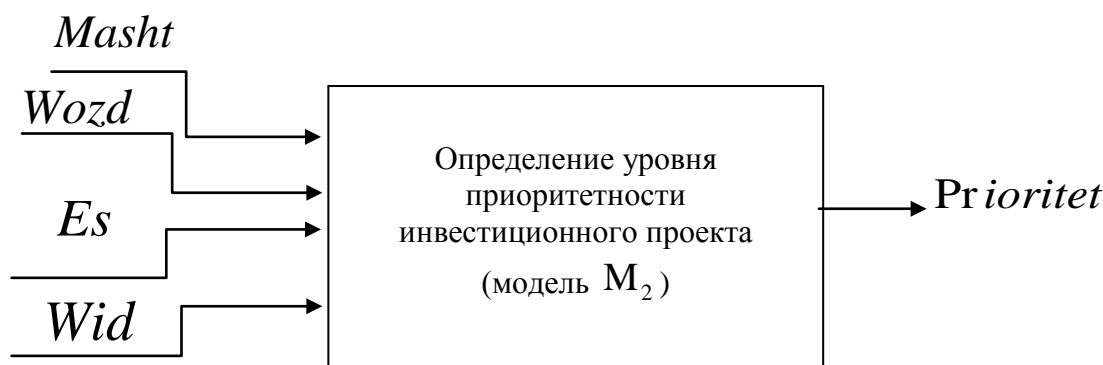


Рис. 2 Схема нечёткой модели оценки приоритетности инвестиционных проектов
 Fig. 2 Scheme of Indistinct Model of an Assessment of Priority of Investment Projects

Модель M_2 разработана на применении математического аппарата нечёткой алгебры и нечёткой логики. Система входных параметров $\langle Masht, Wozd, Es, Wid \rangle$ и выход *Prioritet* модели M_2 рассматриваются в статье как лингвистические переменные. Опишем их в классе математического аппарата лингвистических переменных, представляющих собой кортежи.

$$\begin{aligned} &\langle Masht, T(Masht), U_{Masht}, \mu_{Masht} \rangle, \\ &\langle Wozd, T(Wozd), U_{Wozd}, \mu_{Wozd} \rangle, \\ &\langle Es, T(Es), U_{Es}, \mu_{Es} \rangle, \\ &\langle Wid, T(Wid), U_{Wid}, \mu_{Wid} \rangle, \\ &\langle Prioritet, T(Prioritet), U_{Prioritet}, \mu_{Prioritet} \rangle \end{aligned}$$

В приведённых кортежах компоненты $T(Masht) = \{A_{Masht}^i\}_{i=1}^\alpha$, $T(Wozd) = \{A_{Wozd}^i\}_{i=1}^\alpha$, $T(Es) = \{A_{Es}^i\}_{i=1}^\alpha$, $T(Wid) = \{A_{Wid}^i\}_{i=1}^\alpha$, $T(Prioritet) = \{A_{Prioritet}^i\}_{i=1}^\alpha$ представляют собой множества термов лингвистических переменных, $U_{Masht}, U_{Wozd}, U_{Es}, U_{Wid}, U_{Prioritet}$ – универсальные множества, на которых заданы функции принадлежности $\mu_{Masht} = \{\mu_{A_{Masht}^i}\}_{i=1}^\alpha$,

$$\mu_{Wozd} = \{\mu_{A_{Wozd}^i}\}_{i=1}^\alpha, \mu_{Es} = \{\mu_{A_{Es}^i}\}_{i=1}^\alpha, \mu_{Wid} = \{\mu_{A_{Wid}^i}\}_{i=1}^\alpha,$$

$\mu_{Prioritet} = \{\mu_{A_{Prioritet}^i}\}_{i=1}^\alpha$ их термов, рассматриваемых как нечёткие множества

$$A_{Masht}^i = \int_{U_{Masht}} \mu_{A_{Masht}^i} / u, A_{Wozd}^i = \int_{U_{Wozd}} \mu_{A_{Wozd}^i} / u, A_{Es}^i = \int_{U_{Es}} \mu_{A_{Es}^i} / u,$$

$$A_{Wid}^i = \int_{U_{Wid}} \mu_{A_{Wid}^i} / u, A_{Prioritet}^i = \int_{U_{Prioritet}} \mu_{A_{Prioritet}^i} / u. \text{ Обозначения термов}$$

лингвистических переменных $Masht, Wozd, Es, Wid$ приведены в таблицах 3, 4, 5, 6. Для выходной лингвистической переменной *Prioritet* предложено множество термов,

характеризующих уровень приоритетности представленных к финансированию инвестиционных проектов $A_{Prioritet}^1 = N$, $A_{Prioritet}^2 = S$, $A_{Prioritet}^3 = W$, означающих соответственно уровни приоритетности «низкий», «средний», «высокий» и оцениваемые по трехбалльной шкале $U_{Prioritet} \in [0,3]$. Универсальные множества U_{Masht} , U_{Wozd} , U_{Es} , U_{Wid} , $U_{Prioritet}$ соответствуют шкалам оценок, принятым в [4] и приведённых в таблицах 3, 4, 5, 6.

Зададим семантику нечётких множеств лингвистической переменной *Masht* в виде треугольных функций принадлежности:

$$\mu_{Masht}^{Naz}(u, 0, 7, 7) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{7}, & 0 \leq u \leq 7; \\ 0, & u > 7; \end{cases} \quad \mu_{Masht}^{Reg}(u, 0, 5, 7) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{5}, & 0 \leq u \leq 5; \\ \frac{7-u}{2}, & 5 \leq u \leq 7; \\ 0, & u \geq 7; \end{cases}$$

$$\mu_{Masht}^{Mes}(u, 0, 3, 7) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{3}, & 0 \leq u \leq 3; \\ \frac{7-u}{4}, & 3 \leq u \leq 7; \\ 0, & u \geq 7; \end{cases} \quad \mu_{Masht}^{Loc}(u, 0, 2, 7) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{2}, & 0 \leq u \leq 2; \\ \frac{7-u}{5}, & 2 \leq u \leq 7; \\ 0, & u \geq 7; \end{cases}$$

В системе MATLAB пакета Fuzzy Logic Toolbox эти функции принимают вид, представленный на рис. 3.

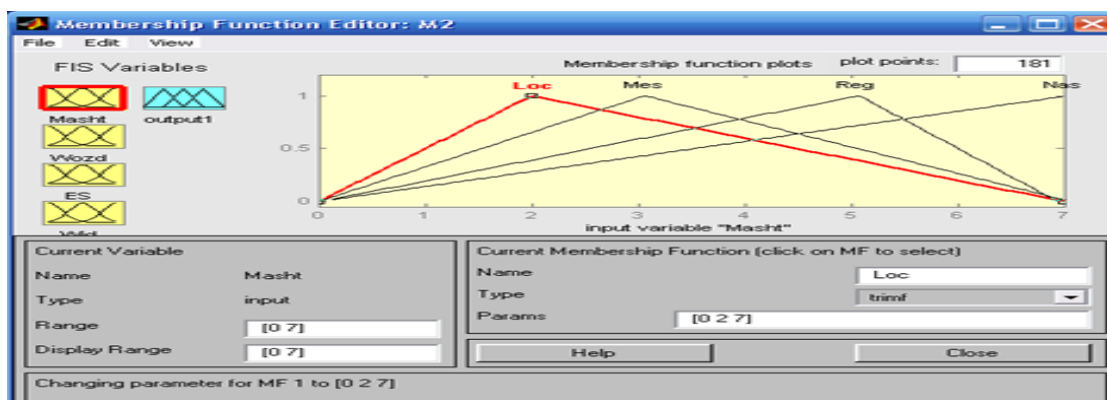


Рис. 3. Функции принадлежности нечётких множеств лингвистической переменной *Masht*

Fig. 3. Functions of accessory of indistinct sets of linguistic variable *Masht*

Функции принадлежности нечёткой переменной *Wozd* также выбраны треугольного вида и представлены аналитическими выражениями:

$$\mu_{Wozd}^{Bez}(u, 0, 9, 9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{9}, & 0 \leq u \leq 9; \\ 0, & u > 9; \end{cases} \quad \mu_{Wozd}^{Zdor}(u, 0, 6, 9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{6}, & 0 \leq u \leq 6; \\ \frac{9-u}{3}, & 6 \leq u \leq 9; \\ 0, & u \geq 9; \end{cases}$$

$$\mu_{Wozd}^{Old}(u,0,5,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{5}, & 0 \leq u \leq 5; \\ \frac{9-u}{4}, & 5 \leq u \leq 9; \\ 0, & u \geq 9; \end{cases} \quad \mu_{Wozd}^{Prir}(u,0,5,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{3}, & 0 \leq u \leq 3; \\ \frac{9-u}{6}, & 3 \leq u \leq 9; \\ 0, & u \geq 9; \end{cases}$$

Графики этих функций, изображённые в среде системы MATLAB пакета Fuzzy Logic Toolbox, имеют вид, представленный на рис. 4.

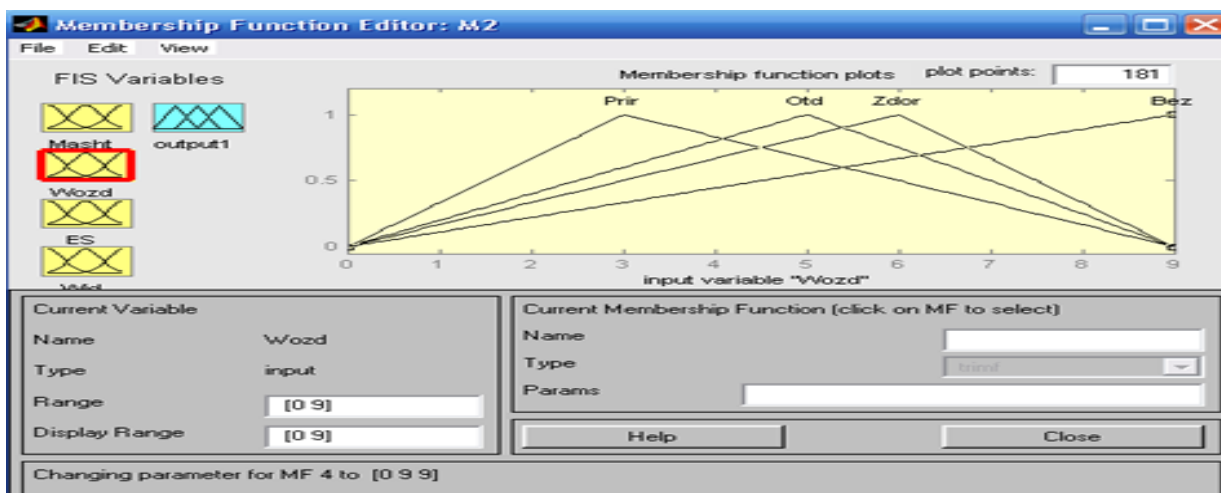


Рис. 4. Функции принадлежности нечётких множеств лингвистической переменной *Wozd*
 Fig. 4. Functions of accessory of indistinct sets of a linguistic variable *Wozd*

Запишем аналитические выражения функций принадлежности нечёткой переменной *ES*, имеющие треугольный вид (графики представлены на рис. 4):

$$\mu_{Es}^{Knbl}(u,0,9,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{9}, & 0 \leq u \leq 9; \\ 0, & u > 9; \end{cases} \quad \mu_{Es}^{Nbl}(u,0,5,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{5}, & 0 \leq u \leq 5; \\ \frac{9-u}{3}, & 6 \leq u \leq 9; \\ 0, & u \geq 9; \end{cases}$$

$$\mu_{Es}^{Bl}(u,0,2,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{2}, & 0 \leq u \leq 2; \\ \frac{9-u}{7}, & 2 \leq u \leq 9; \\ 0, & u \geq 9. \end{cases}$$

Лингвистическая переменная *Wid* изображена треугольными функциями принадлежности, графики которых в системе MATLAB пакета Fuzzy Logic Toolbox представлены на рис. 6.

$$\mu_{Wid}^{Zaw}(u,0,9,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{9}, & 0 \leq u \leq 9; \\ 0, & u > 9; \end{cases} \quad \mu_{Wid}^{Zto}(u,0,6,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{6}, & 0 \leq u \leq 6; \\ \frac{9-u}{3}, & 6 \leq u \leq 9; \\ 0, & u \geq 9; \end{cases}$$

$$\mu_{Wid}^{Zp}(u,0,3,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{3}, & 0 \leq u \leq 3; \\ \frac{9-u}{6}, & 5 \leq u \leq 9; \\ 0, & u \geq 9; \end{cases} \quad \mu_{Wid}^{Wib}(u,0,1,9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{1}, & 0 \leq u \leq 1; \\ \frac{9-u}{8}, & 1 \leq u \leq 9; \\ 0, & u \geq 9; \end{cases}$$

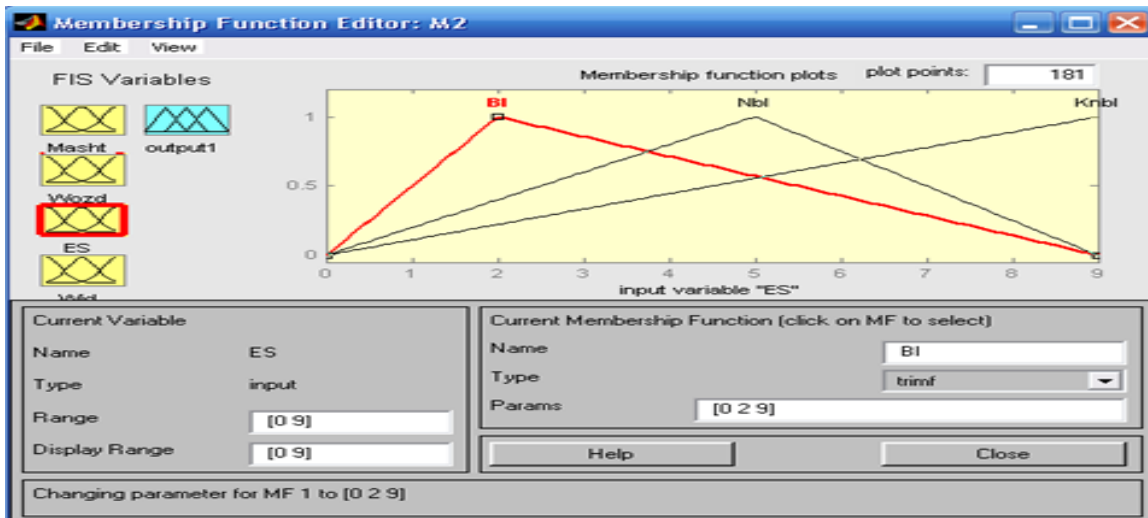


Рис. 5. Функции принадлежности нечётких множеств лингвистической переменной *ES*

Fig. 5. Functions of accessory of indistinct sets of a linguistic variable *Es*

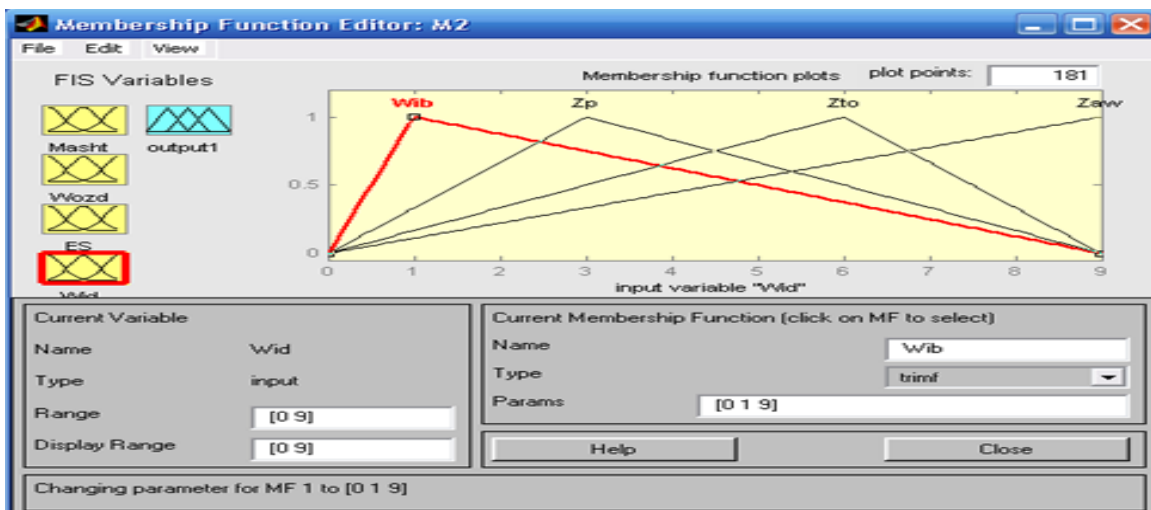


Рис. 6. Функции принадлежности нечётких множеств лингвистической переменной

Fig. 6. Functions of accessory of indistinct sets of a linguistic variable

Аналитические выражения функций принадлежности нечётких множеств, включённых в лингвистическую переменную *Prioritet*, имеют вид:

$$\mu_{Prioritet}^N(u, 0, 9, 9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{9}, & 0 \leq u \leq 9; \\ 0, & u > 9; \end{cases} \quad \mu_{Prioritet}^S(u, 0, 5, 9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{u}{1,5}, & 0 \leq u \leq 1,5; \\ \frac{9-u}{1,5}, & 1,5 \leq u \leq 3; \\ 0, & u \geq 3; \end{cases}$$

$$\mu_{Prioritet}^W(u, 0, 2, 9) = \begin{cases} 0, & u < 0; \\ \frac{3-u}{7}, & 0 \leq u \leq 3; \\ 0, & u \geq 3; \end{cases}$$

Графики функций представлены на рис. 7.

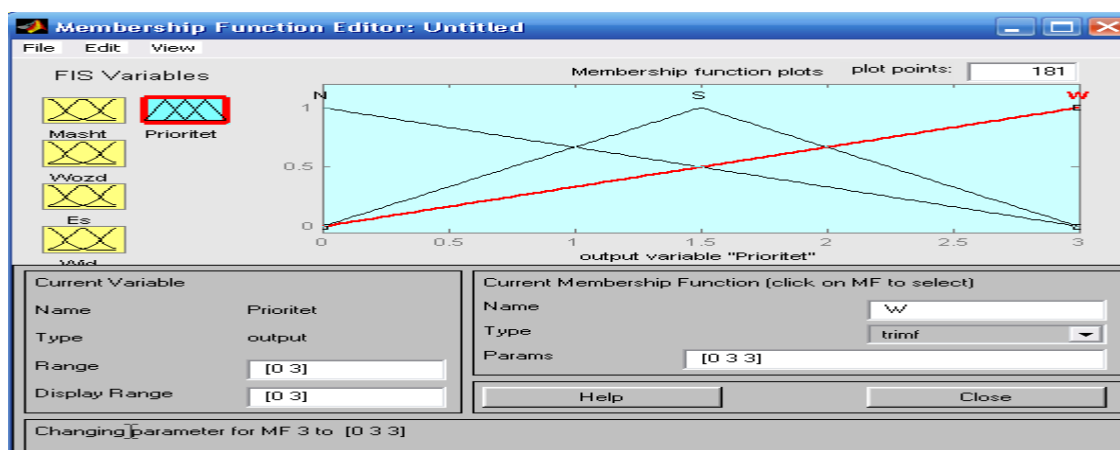


Рис. 7. Функции принадлежности нечётких множеств выходной лингвистической переменной *Prioritet*

Fig. 7. Functions of accessory of indistinct sets of output linguistic variable *Prioritet*

На основе знаний экспертов-профессионалов опишем задачу определения приоритетности инвестиционных проектов следующими предложениями естественного языка:

- если масштаб воздействия инвестиционного проекта на окружающую среду является национальным (в наших обозначениях это $Mfsht = Naz$), региональным ($Mfsht = Re g$), местным ($Mfsht = Mes$) или локальным ($Mfsht = Loc$), реализация инвестиционного проекта направлена на преодоление безопасности населения ($Wozd = Bez$) и экологическая ситуация на территории крайне неблагоприятная ($Es = Knb$), то представленному к финансированию инвестиционному проекту присваивается высокий уровень приоритетности ($Prioritet = W$);

- если реализация инвестиционного проекта направлена на снижение загрязнения подземных вод, снижение загрязнения твёрдыми отходами ($Wid = Zto$) и

экологическая ситуация на территории крайне неблагоприятная ($Es = Knbl$) или неблагоприятная ($Es = Nbl$), то инвестиционный проект относят к высокому уровню приоритетности ($Prioritet = W$);

- если экологическая ситуация на территории в целом благоприятная ($Es = Bl$) и реализация проекта не снижает неблагоприятного воздействия на окружающую среду ($Wid = not(Zto)$ или $Wid = not(Zaw)$ или $Wid = not(Zp)$ или $Wid = not(Wib)$), то инвестиционный проект следует отнести к низкому уровню приоритетности ($Prioritet = N$);

- если масштаб воздействия проекта на окружающую среду локальный ($Mfsht = Loc$), обстановка на территории в целом благоприятная ($Es = Bl$), и реализация проекта предотвращает шум, вибрацию ($Wid = Wib$), то инвестиционный проект относится к среднему уровню приоритетности ($Prioritet = S$).

Является очевидным, что список правил принятия решений можно дополнять и редактировать. На основе сформулированных экспертами предложений запишем правила вывода в вербальной форме:

- If $Mfsht$ is Naz and $Wozd$ is Bez and Es is $Knbl$ then $Prioritet$ is N ;
 If $Mfsht$ is Reg and $Wozd$ is Bez and Es is $Knbl$ then $Prioritet$ is N ;
 If $Mfsht$ is Mes and $Wozd$ is Bez and Es is $Knbl$ then $Prioritet$ is N ;
 If $Mfsht$ is Loc and $Wozd$ is Bez and Es is $Knbl$ then $Prioritet$ is N ;
 If Es is $Knbl$ and Wid is Zto then $Prioritet$ is W ;
 If Es is Nbl and Wid is Zto then $Prioritet$ is W ;
 If Es is Bl and Wid is $not(Zto)$ then $Prioritet$ is N ;
 If Es is Bl and Wid is $not(Wib)$ then $Prioritet$ is N ;
 If Es is Bl and Wid is $not(Zp)$ then $Prioritet$ is N ;
 If Es is Bl and Wid is $not(Zaw)$ then $Prioritet$ is N ;

На рис. 8, 9, 10 приведены эти правила в вербальной, символической и индексной форме системы MATLAB пакета Fuzzy Logic Toolbox.

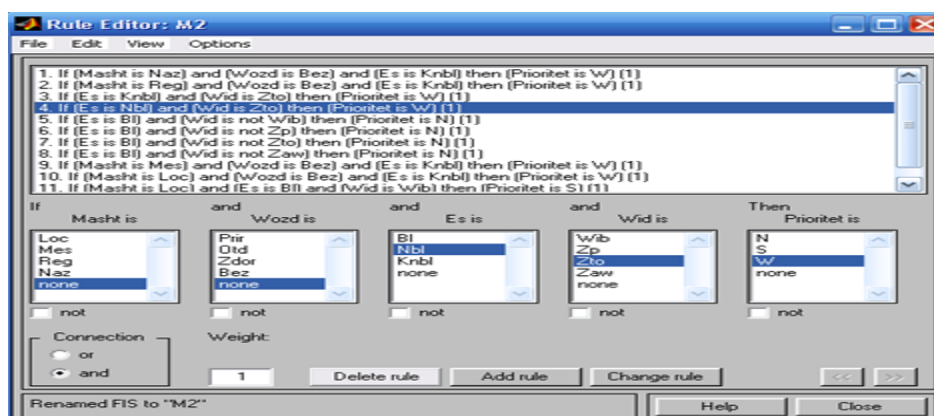


Рис. 8. Правила вывода модели M_2 в вербальной форме

Fig. 8. Rules of a conclusion of model in a verbal form

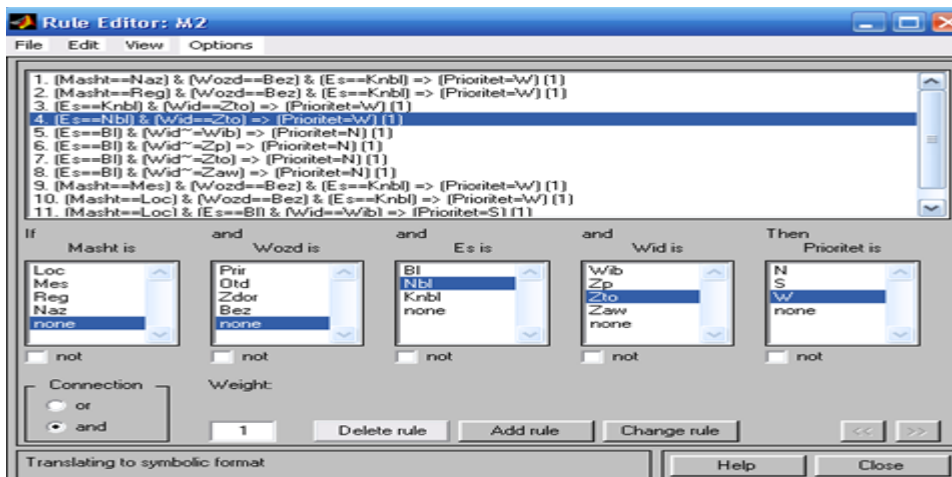


Рис. 9. Правила вывода модели M_2 в символической форме
 Fig. 9. Rules of a conclusion of model in a symbolical form

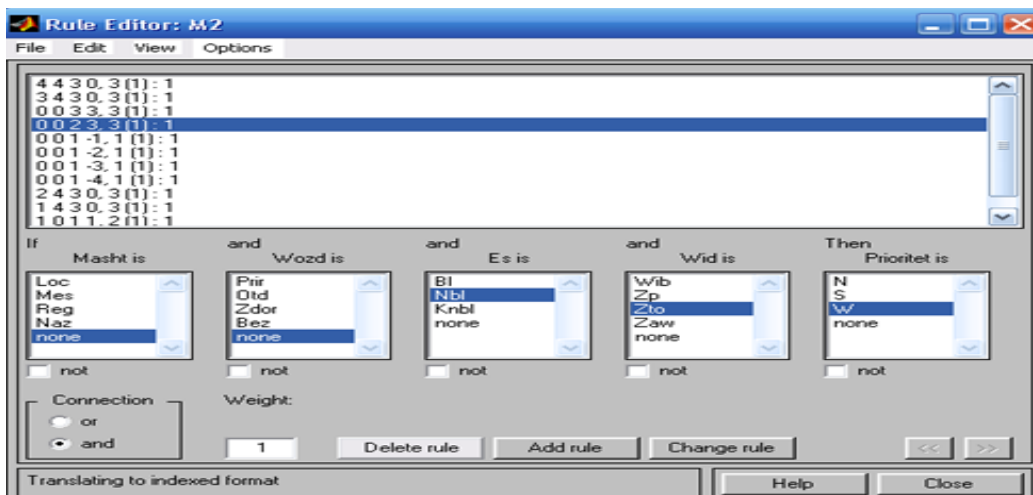


Рис. 10. Правила вывода модели M_2 в индексной форме
 Fig. 10. Rules of a conclusion of model in an index form

Общий вид модели M_2 в системе MATLAB пакета Fuzzy Logic Toolbox представлен на рис.11.

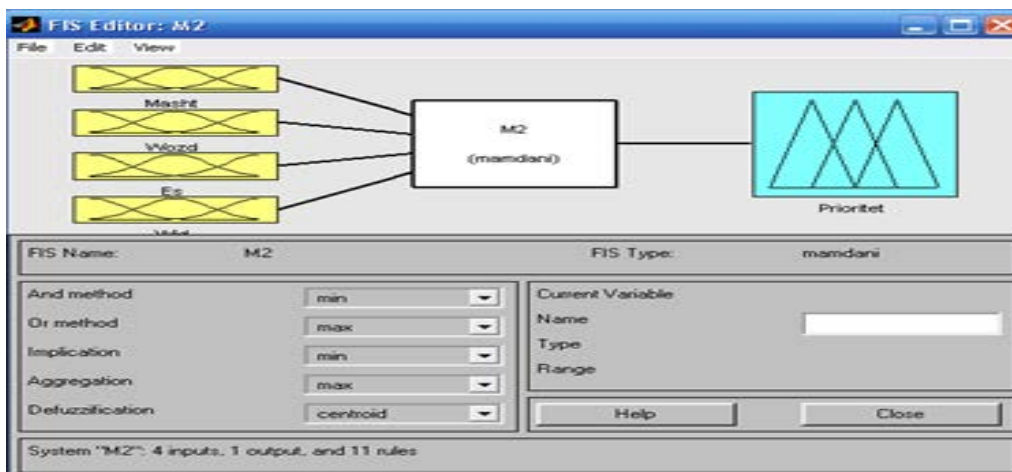


Рис. 11. Общий вид модели M_2
 Fig. 11. General view of model

Результат функционирования модели M_2 приведён на рис. 13.

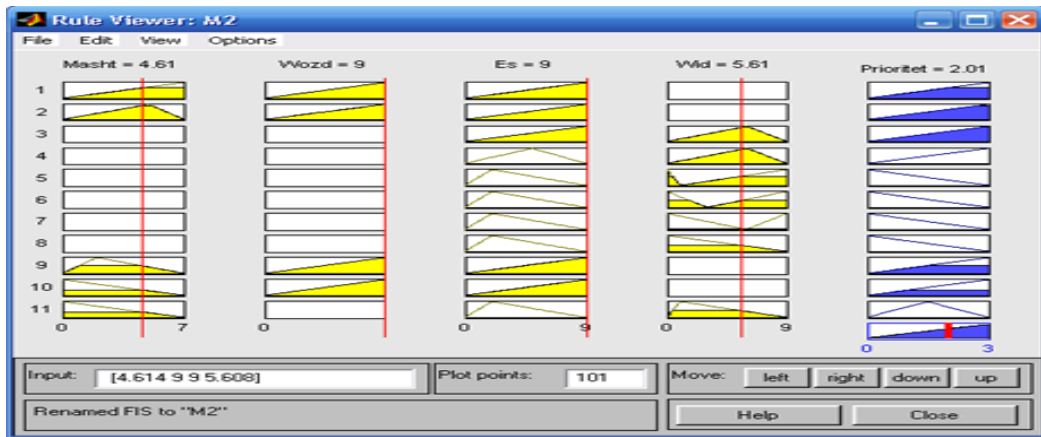


Рис. 12. Результат функционирования модели M_2

Fig. 12. Result of functioning of model

Рисунок 14 демонстрирует, что некоторому инвестиционному проекту $Progi_i$, получившему при опросе группы экспертов характеристики $Masht = 4,61$, $Wozd = 9$, $ES = 9$, $Wid = 5,61$ присваивается уровень приоритетности $Prioritet = 2,01$.

На рисунках 15, 16, 17, 18,19, 20 приведены графики зависимости выходной переменной $Prioritet$ от входных: $Prioritet (Masht, Wozd)$, $Prioritet (Masht, Es)$, $Prioritet (Masht, ES)$, $Prioritet (ES, Wid)$, $Prioritet (Masht, Wid)$, $Prioritet (Wozd, Wid)$.

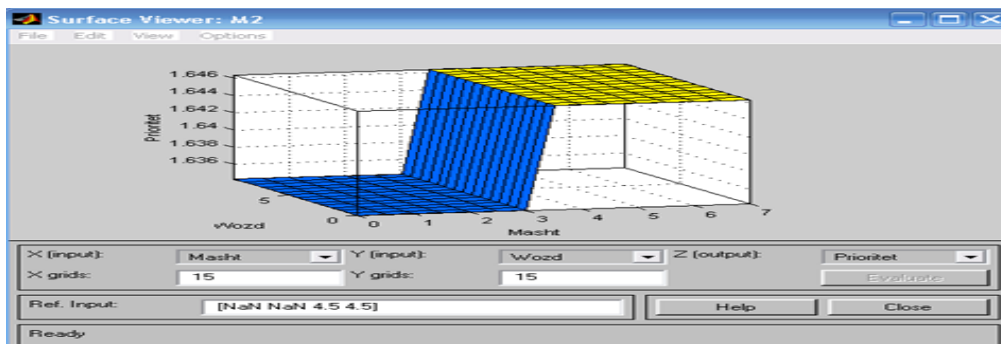


Рис. 13. График зависимости $Prioritet (Masht, Wozd)$

Fig. 13. Schedule of dependence

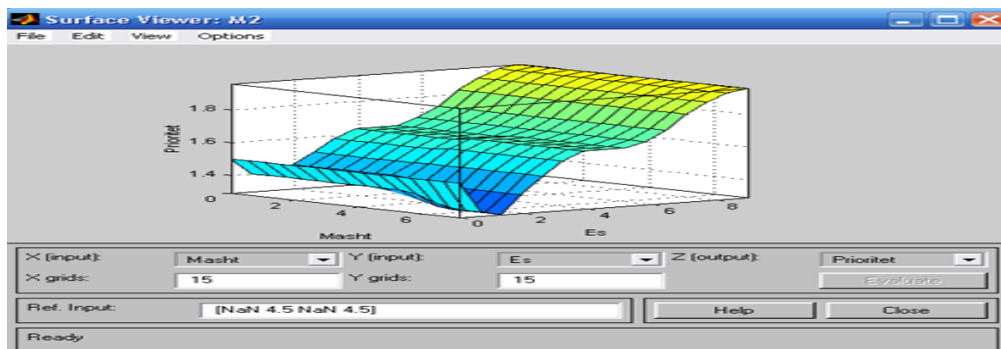


Рис. 14. График зависимости $Prioritet (Masht, ES)$

Fig. 14. Schedule of dependence $Prioritet (Masht, ES)$

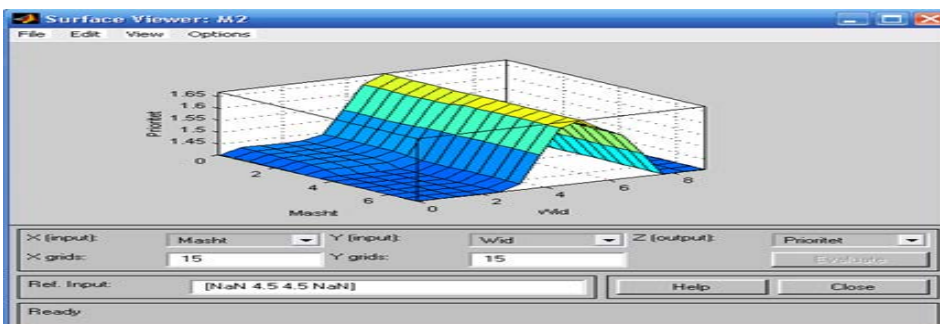


Рис. 15. График зависимости *Prioritet* (*Masht*, *Wid*)
 Fig. 15. Schedule of dependence *Prioritet* (*Masht*, *Wid*)

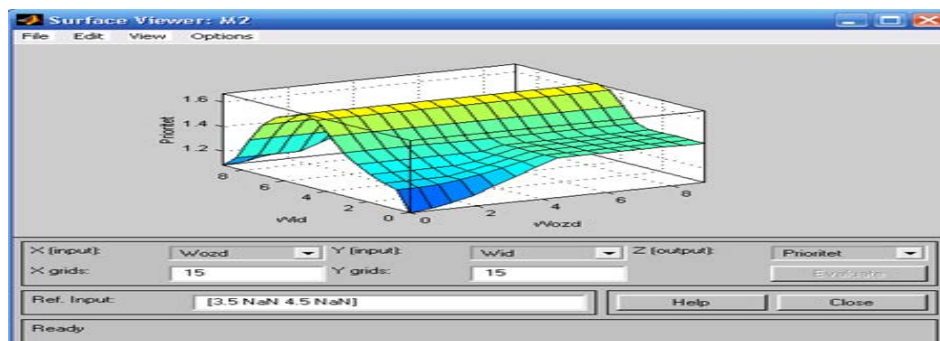


Рис. 16. График зависимости *Prioritet* (*Wozd*, *Wid*)
 Fig. 16. Schedule of dependence *Prioritet* (*Wozd*, *Wid*)

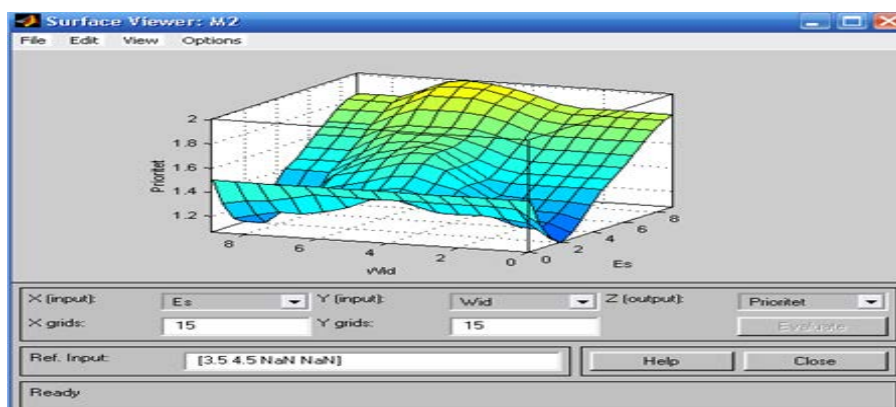


Рис. 17. График зависимости *Prioritet* (*ES*, *Wid*)
 Fig. 17. Schedule of dependence *Prioritet* (*ES*, *Wid*)

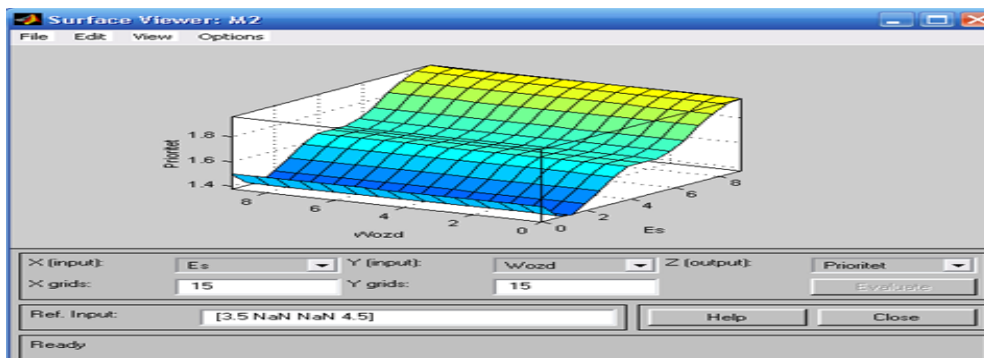


Рис. 18. График зависимости *Prioritet* (*ES*, *Wosd*)
 Fig. 18. Schedule of dependence *Prioritet* (*ES*, *Wosd*)



Разработанная модель M_2 позволяет изменять правила логического вывода, основанные на знаниях экспертов. Результаты функционирования моделей M_1 и M_2 служат исходными данными для подготовки Меморандума об экологическом скрининге.

Основные выводы

Представленные к финансированию инвестиционные проекты, отнесённые к классу S и NPS, проходят процедуру определения их приоритетности. Следует отметить, что модель M_1 способна адаптироваться к изменению правил логического вывода, основанных на знаниях экспертов. В статье получены следующие результаты, обладающие научной новизной.

1. Разработан новый подход к проектно-экологическому анализу инвестиционных проектов на этапе экологического скрининга, отличающийся от существующих включением экономико-математических моделей в цепочку анализа обработки слабоструктурированных результатов экспертных оценок. Преимущество подхода состоит в возможности формального описания и использования знаний экспертов-профессионалов для оценки инвестиционных проектов в императивах экономико-экологического развития региона.

2. Разработан комплекс экономико-математических моделей проектно-инвестиционного анализа на этапе экологического скрининга, отличающийся от существующих применением математического аппарата нечёткой алгебры и нечёткой логики. Преимущество моделей заключается в возможности количественной обработки информации качественного характера, отражающей слабоструктурированные знания специалистов.

Список литературы References

1. Стрельцова Е.Д., Богомякова И.В., Стрельцов В.С. Модельный инструментарий оценки инвестиционных проектов развития регионов // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 1-1 - С.496.

Streltsova E. D., Bogomyakova I. V., Streltsov V. S. Model tools of an assessment of investment projects of development of regions//Modern problems of science and education. - 2015. - No. 1-1 - Page 496.

2. Ченцов А.С., Бородин А.И. Модель проектно-инвестиционного анализа на основе качественных характеристик // Вестник Удмуртского государственного университета. Серия Экономика и право.-2016.-№4.-С.11-19.

Chentsov A. S., Borodin A. I. Model of the design and investment analysis on the basis of qualitative characteristics//the Bulletin of the Udmurt state university. Economy series and right.-2016.-№4. - Page 11-19.

3. Ченцов А.С., Бородин А.И., Стрельцова Е.Д. Методические подходы при оценке ресурсной эффективности инвестиций в регионе // Вестник Самарского государственного университета. Гуманитарная серия. - 2014. - № 1(63) - С.175-178.

Chentsov A. S., Borodin A. I., Streltsova E. D. Methodical approaches at an assessment of resource efficiency of investments in the region//the Bulletin of the Samara state university. Humanitarian series. - 2014. - No. 1(63) - Page 175-178.

4. Borodin A. I., Ilina I., Zharova E. Assessing the Effectiveness of Public Investment in Research and Development of the Federal Executive Bodies in Russia // Olsztyn Economic Journal. 2016. No. 11(4). P. 399-410.

Borodin A. I., Ilina I., Zharova E. Assessing the Effectiveness of Public Investment in Research and Development of the Federal Executive Bodies in Russia//Olsztyn Economic Journal. 2016. No. 11(4). P. 399-410.

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 332.025.28

МЕХАНИЗМ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ ИНФРАСТРУКТУРНОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

MECHANISM OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AS INSTRUMENT OF INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT OF ECONOMY: OPPORTUNITIES AND RESTRICTIONS

Б.Г. Набиев
B. G. Nabiyev

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Санкт-Петербургский филиал), преподаватель кафедры «Экономика и финансы»
Россия, 197198, Санкт-Петербург, ул. Съезжинская, д. 15/17.

Financial University under the Government of the Russian Federation (St. Petersburg branch), teacher
of Economy and Finance department
Russia, 197198, St. Petersburg, Sjezzhinskaya St., 15/17.

E-mail: barzani_abs@mail.ru

Аннотация

В статье описаны возможности и ограничения применения механизма государственно-частного партнерства в ходе реализации инфраструктурных проектов. Раскрыты причины расширения практики использования механизма ГЧП в экономически развитых странах. Выявлены признаки, характеризующие сущность экономических отношений государства и бизнеса в процессе создания и модернизации инфраструктурных объектов. Сделан вывод, что применение механизма ГЧП в процессе развития инфраструктурного комплекса позволит привлечь дополнительные финансовые ресурсы в условиях сокращения бюджетных возможностей государства.

Abstract

In article opportunities and restrictions of use of the mechanism of public-private partnership are described during implementation of infrastructure projects. The reasons of extension of practice of use of the mechanism of PPP in economically developed countries are opened. The signs characterizing an entity of the economic relations of the state and business in the course of creation and upgrade of infrastructure facilities are revealed. The conclusion is drawn that use of the mechanism of PPP in development of an infrastructure complex will allow to attract additional financial resources in the conditions of abbreviation of the budgetary opportunities of the state.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, механизм и инструментальный ГЧП, ГЧП-проекты, инфраструктурный комплекс, распределение рисков.

Keywords: public-private partnership, mechanism and tools of PPP, PPP projects, infrastructure complex, distribution of risks.

Введение

Мировая практика показывает, что в развитии инфраструктурного комплекса наилучшие результаты приносит использование механизма государственно-частного партнерства. В качестве примеров можно привести такие страны, как Австралия,



Великобритания, Испания, Италия, Канада, а также Франция. Более того, что касается стран Евросоюза, то на их долю ежегодно приходится 150 млрд евро, инвестируемых в самые разнообразные формы государственно-частного партнерства. При этом следует отметить, что перечень отраслей, в которых применяют механизм государственно-частного партнерства, существенно различаются в различных странах, поскольку государственные структуры устанавливают сферы использования ГЧП. Именно использование инструментария ГЧП дает возможность привлечь ресурсы бизнес-структур в сферы деятельности, которые традиционно находятся в зонах ответственности государственного сектора. Подобная практика позволяет использовать компетенции бизнес-структур, в т. ч. касающиеся применения инновационных технологий в соответствующих отраслях национальной экономики.

Основные результаты исследования

Экономическая история наглядно демонстрирует, что на протяжении столетий наблюдается неуклонное увеличение государственных функций, что закономерно влечет за собой разрастание государственного сектора экономики. Это явление, которое впервые было выявлено таким известным экономистом, как Адольф Вагнер, стало отправным пунктом его концепции фискальной экономики (Афанасьев М., Афанасьев Я, 2009). При этом отмечалось, что увеличение государственного участия в экономических процессах, как правило, было вызвано поисками адекватных государственных решений при появлении внешних макроэкономических шоков и воздействий. Естественно, что следствием увеличения объема государственного вмешательства становился рост государственного влияния вследствие централизации рычагов управления национальной экономикой для обеспечения устойчивого экономического роста (Алиев, 2016). В то же время следует отметить, что увеличение количества государственных функций происходило преимущественно за счет потребностей инфраструктурного развития страны, что позволяло получить необходимый мультипликативный эффект и обеспечивало ее сбалансированное экономическое развитие. Именно императивы инфраструктурного развития потребовали поиска новых инструментов и источников финансирования, что стало побудительной причиной для привлечения частного сектора к реализации масштабных инфраструктурных проектов (Шаш, Праведнов, 2013). Ответом стало использование инструментария государственно-частного партнерства.

Повышенный интерес к использованию механизма ГЧП во многих странах мира обусловлен тем обстоятельством, что его использование позволяет государственному сектору в оптимальные сроки и с наименьшими расходами реализовать масштабные капиталоемкие и ресурсоемкие проекты в сфере социально-экономической инфраструктуры (Грекова, Макаревич, 2016). Таким образом, ГЧП позволяет привлечь дополнительные источники финансирования инфраструктурных проектов.

Кроме того, одним из очевидных преимуществ использования инструментария ГЧП является возможность внедрения в государственный сектор процедур отбора инфраструктурных и инновационных проектов, характеризующихся наибольшей эффективностью (как в отношении расходов, так и потенциальных доходов). Интерес к инструментарию ГЧП обусловлен рядом факторов (рис.).

При этом следует обратить внимание на тот факт, что использование инструментария ГЧП способствует консолидации финансовых ресурсов, внедрению инновационных технологий в процесс производства общественных благ и услуг и, тем самым, снизить уровень издержек и улучшить качество выпускаемой продукции и услуг. Таким образом, основная суть инициации ГЧП-проектов состоит в делегировании бизнес-структурам функций государственного сектора в создании, обслуживании, использовании и модернизации инфраструктурных объектов, что становится все более актуальным в условиях необходимости оптимизации бюджетных расходов (Афанасьев, Шаш, 2016).

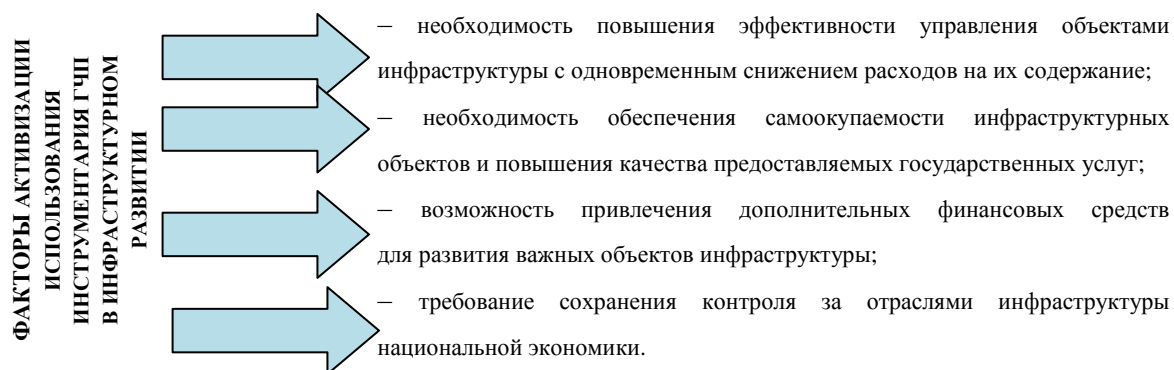


Рис. Комплекс факторов, способствующих активизации интереса использования инструментария ГЧП в инфраструктурном развитии

Fig. Complex of the factors promoting activation of interest of use of tools of PPP in infrastructure development

Другими функциями, которые передаются частному бизнесу, могут стать оказание государственных (бюджетных) услуг, например, в сфере здравоохранения, образования (Варнавский, Клименко, Ковалев, 2010)

Популярность использования механизма государственно-частного партнерства в развитых странах обусловлена (по большей мере) тремя основными обстоятельствами:

1. устойчивый характер финансовых потоков в экономике (Бородин, Шаш, 2012);
2. наличие стабильного спроса на реализацию проектов в сфере модернизации инфраструктурного комплекса (Delmon, 2009);
3. распространенность механизма хеджирования, как инструмента снижения рисков в процессе реализации ГЧП-проектов (Cottarelli, 2008).

В этой связи необходимо отметить, что использование механизма ГЧП дает наибольший положительный эффект в таких сферах, как транспортная, социальная инфраструктура, здравоохранение.

Таким образом, следует отметить, что государственно-частное партнерство становится одним из важных инструментов достижения приоритетных социально-экономических целей государства, способствуя:

- сохранению государственного контроля над возведенными социальными и инфраструктурными объектами;
- улучшению результатов, полученных в ходе реализации инфраструктурных ГЧП-проектов;
- сокращению срока реализации проектов за счет использования наиболее эффективных бизнес-технологий (в т. ч. в сфере управления финансами);
- повышению эффективности бюджетных расходов посредством более рационального использования всех видов ресурсов, в т. ч. объектов государственной собственности.

Механизм ГЧП отражает экономические отношения государства и бизнеса, касающиеся формирования, развития, а также управления различными инфраструктурными объектами (Gerrard, 2001).

Анализ этих отношений показывает, что они характеризуются следующими существенными признаками:

1. Специфика целей ГЧП-проектов, в числе которых следует назвать: инфраструктурная эффективность, бюджетная эффективность, повышение удовлетворенности потребителей государственных (бюджетных услуг);
2. Механизм ГЧП интегрирует два направления деятельности: инвестиционную и оказание государственных (бюджетных) услуг;



3. ГЧП-проекты, как правило, реализуются в два этапа: осуществление расходов (создание и модернизация инфраструктуры) и получение доходов (эксплуатация объектов);

4. Долгосрочный характер (обычно не менее 10 лет, начиная от этапа инвестирования и заканчивая компенсацией произведенных расходов и получением дохода);

5. Создание эффективных механизмов управления рисками (передача, дифференциация и пр.).

Эффективность использования механизма ГЧП подтверждается успешными результатами реализации подобных проектов как в развитых, так и развивающихся странах.

Однако применение инструментария ГЧП в странах с формирующимися рынками сталкивается с определенными ограничениями, в числе которых следует назвать:

– недостаточная эффективность процесса бюджетного планирования и прогнозирования, а также просчеты проводимой бюджетной политики (Шаш, Путихин, Петрова, 2016);

– отсутствие необходимых компетенций (в т. ч. управленческих) у представителей государственного сектора, задействованных в реализации ГЧП-проектов;

– отсутствие системы современных систем поиска и отбора наиболее перспективных инвестиционных проектов;

– неполнота информации о рассматриваемых и реализуемых ГЧП-проектах;

– использование несовершенных процедур контрактации и процесса государственных закупок (Шаш, 2015).

Наличие подобных ограничений приводит к затягиванию сроков реализации ГЧП-проектов, неправомерному увеличению расходов, снижению эффективности и ухудшению результатов их реализации. Это приводит к уменьшению возможной совокупности инвестиционных решений, некачественному отбору проектов, а также последовательности и методам их реализации, и, в конечном счете, к дискредитации самого механизма ГЧП и снижению мотивации к инициации таких проектов, как со стороны государственного сектора, так и со стороны частных партнеров.

При этом следует отметить, что области применения механизма государственно-частного партнерства в большинстве случаев определяются на том основании, что реализация подобного проекта невозможна ресурсами только одной из сторон: государственным или частным сектором.

Кроме того, приоритет отдается реализации таких инфраструктурных проектов, которые имеют наибольшую технологическую и техническую сложность, высокую стоимость вследствие масштаба.

Следование такому подходу дает возможность:

1. Существенно уменьшить имеющиеся инфраструктурные ограничения, препятствующие решению важных социально-экономических задач государства;

2. Увеличить обеспеченность инфраструктурными объектами определенные территории и регионы;

3. Учесть инфраструктурные потребности для достижения необходимых темпов экономического роста;

4. Сократить объемы бюджетных инвестиций, предназначенных на инфраструктурное развитие, как отдельных территорий, так и страны в целом;

5. Повысить гибкость управления инфраструктурным развитием страны путем соблюдения баланса между частными и общественными интересами.

В то же время необходимо принимать в расчет, что разрабатываемые ГЧП-проекты должны соответствовать долговременным приоритетам государственного стратегического развития (Алиев, 2016). В связи с чем необходимо в обязательном порядке формировать

соответствующий перечень инфраструктурных объектов, планируемых к реализации с привлечением механизма государственно-частного партнерства.

Следование долгосрочным приоритетам экономического развития позволит составить перечень подобных проектов, нуждающихся в частных инвестициях, представляющих интерес для бизнес-структур в плане прибыльности, реализация которых позитивно скажется на развитии инфраструктурной среды (Аникина, Абасов, 2013).

При этом необходимо обратить внимание на тот факт, что реализация ГЧП-проектов часто планируется в специфических отраслях, для которых характерно наличие обширной нормативно-правовой документацией, что может стимулировать или, наоборот, затруднять их исполнение. Это связано с тем, что инфраструктурный комплекс каждой конкретной страны подвергается сильному государственному регулированию, которое находит отражение в многочисленных отраслевых нормативных документах.

Существующие системы государственного регулирования отраслевого инфраструктурного комплекса определяет:

- совокупность требований к правоотношениям участников механизма государственно-частного партнерства (это касается как публичного, так и частного партнера);
- сертификационные и иные (например, технические) требования к возводимым объектам, производимым товарам, оказываемым услугам;
- порядок формирования тарифов на услуги и цен на товары;
- необходимость получения разного рода разрешений и лицензий на осуществление определенных видов деятельности.

Наличие сложной системы отраслевого инфраструктурного регулирования существенным образом увеличивает риски частных инвесторов, снижающих мотивацию бизнес-структур участия в ГЧП-проектах, что требует формирования специфического механизма нейтрализации подобных отраслевых рисков (Дмитриева, 2012).

Проекты ГЧП, как и любые инвестиционные проекты, несут в себе большое количество различных рисков. Основная их часть совпадает с рисками, возникающими в инвестиционных проектах, которые реализуются полностью силами частной компании.

Кроме того, возникает ряд специфических рисков в силу того, что государство в данных проектах выступает не только как контролер, но и как партнер.

Более тесное взаимодействие между государством и бизнесом, с одной стороны, порождает дополнительные риски (прежде всего, административные), но с другой, позволяет закрывать наиболее существенные из них (например, риск недополучения доходов).

Анализ мировой практики использования механизма государственно-частного партнерства для модернизации и развития инфраструктурного комплекса, показывает, что для минимизации данных рисков, как правило, используются следующие меры:

- смягчение законодательных норм в отношении отраслевого регулирования при реализации ГЧП-проектов;
- заключение отдельных соглашений в рамках ГЧП о порядке формирования цен и тарифов на производимые товары / оказываемые услуги;
- использование механизма госгарантий для устранения риска ужесточения законодательных требований и норм в сфере реализации ГЧП-проектов (например, путем встраивания в процессы финансирования компаний сектора страховых услуг);
- модернизацию механизма инвестирования в отношении адаптации и развития инструментов, предназначенных для поддержки используемых финансовых решений.

При реализации инфраструктурных проектов на основе использования механизма ГЧП необходимо создать систему распределения рисков, которая должна обеспечивать снижение как стоимости рисков, так и мер по их смягчению. Построенная на таких принципах система управления рисками будет создавать дополнительные стимулы для



партнеров к более эффективному управлению проектом, способствуя тем самым достижению оптимального соотношения затрат и выгод от реализации ГЧП-проекта.

Это имеет принципиально важное значение, поскольку в условиях ограниченности бюджетных инвестиций все более актуальным становится вопрос повышения активности частных инвесторов, в том числе в процессе реализации наиболее значимых инфраструктурных проектов. В связи с этим в целях дальнейшего распространения применения данного инструментария следует осуществить целый комплекс мероприятий в сфере законодательного регулирования, в т. ч. как в части разработки, реализации ГЧП-проектов, так и в отношении последующей эксплуатации инфраструктурных объектов.

Это обусловлено тем, что при снижении темпов экономического роста инструментарий государственно-частного партнерства может стать одним из основных механизмов развития инфраструктурного комплекса на всех уровнях социально-экономической системы страны: федеральном, региональном и муниципальном.

Основные выводы

В условиях ограниченности бюджетных возможностей расширение практики применения механизма государственно-частного партнерства (ГЧП) может выступить серьезным стимулирующим фактором, который позволит обеспечить необходимые темпы роста экономического развития Российской Федерации. В связи с чем следует инициировать приток частных инвестиций в экономику и особенно в инфраструктурное развитие. Это возможно осуществить при наличии бюджетных инвестиций в рамках реализации ГЧП-проектов для построения современной транспортной и инженерной инфраструктуры, в том числе в рамках реализации государственных программ.

В ситуации, когда развитие инфраструктурного комплекса, требуемое для обеспечения стабильного экономического роста страны, сдерживается вследствие появления серьезных бюджетных ограничений, государственные структуры должны все более активно использовать инструментарий государственно-частного партнерства. Это связано с тем, что внедрение механизма ГЧП позволяет удовлетворить имеющиеся инфраструктурные потребности уже в текущем бюджетном цикле / периоде за счет будущих бюджетных доходов.

В связи с чем в современных условиях российским властям необходимо безотлагательно инициировать «точки роста» в сфере реализации ГЧП-проектов, касающиеся увеличения числа потенциальных проектов для развития инфраструктурного комплекса страны, повышение заинтересованности как российских, так и зарубежных инвесторов вкладывать средства в модернизацию инфраструктурного комплекса Российской Федерации. С этой целью Правительство Российской Федерации должно рассмотреть возможность использования инструментов финансирования ГЧП-проектов, например, путем специальных облигационных выпусков, эмитированных негосударственными пенсионными фондами.

Список литературы References

1. Алиев Д.К. Государственно-частное партнерство на этапе экономического стратегирования // Федерализм. 2016. № 2 (82). С. 189-195.
Aliyev D. K. Public-private partnership at a stage of an economic strategirovaniye//Federalism. 2016. No. 2 (82). Page 189-195.
2. Аникина В.П., Абасов Р.Г. Государственно-частное партнерство как катализатор инновационных процессов // Финансы и кредит. 2013. № 9. С. 45-50.
Anikina V. P., Abasov R. G. Public-private partnership as catalyst of innovative processes//Finance and credit. 2013. No. 9. Page 45-50.

3. Афанасьев М.П., Афанасьев Я.М. Методологические и теоретические основы формулировки закона Вагнера. Подходы к его тестированию // Вопросы государственного и муниципального управления. 2009. № 3. С. 47-70.

Afanasyev M. P., Afanasyev Ya. M. Methodological and theoretical bases of the formulation of the law of Wagner. Approaches to his testing//Questions of the public and municipal administration. 2009. No. 3. Page 47-70.

4. Афанасьев М.П., Шаш Н.Н. Бюджет города Москвы и рост эффективности государственных финансов // Вопросы государственного и муниципального управления. 2016. № 2. С. 72-95.

Afanasyev M. P., Shash N. N. City budget of Moscow and growth of efficiency of public finances//Questions of the public and municipal administration. 2016. No. 2. Page 72-95.

5. Бородин А.И., Шаш Н.Н. Финансы: взаимосвязь категорий денег и финансов // Деньги и кредит. 2012. № 6. С. 74-77.

Borodin A. I., Shash N. N. Finance: interrelation of categories of money and finance//Money and credit. 2012. No. 6. Page 74-77.

6. Варнавский В.Г., Клименко А.В., Королев В.А. Государственно-частное партнерство: теория и практика. М.: ГУ-ВШЭ. 2010.

Varnavsky V. G., Klimenko A. V., Korolev V. A. Public-private partnership: theory and practice. M.: GU-VSHE. 2010.

7. Грекова Г.И., Макаревич А.Н. Государственно-частное партнерство как важнейший фактор развития российской бизнес-среды // Экономика и предпринимательство. 2016. № 7 (72). С. 982-987.

Grekova G. I., Makarevich A. N. Public-private partnership as the most important factor of development of the Russian business environment//Economy and business. 2016. No. 7 (72). Page 982-987.

8. Дмитриева Е.А. Управление рисками проектов в рамках государственно-частного партнерства // Деньги и кредит. 2012. № 2. С. 42-46.

Dmitriyev E.A. Risk management of projects within public-private partnership//Money and the credit. 2012. No. 2. Page 42-46.

9. Шаш Н.Н. Обеспечение сбалансированности муниципальных бюджетов: финансовые инструменты и факторы влияния // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2015. № 4 (23). С. 99-103.

Shash N. N. Ensuring balance of municipal budgets: financial instruments and factors of influence//Vector of science of the Tolyatti state university. Series: Economy and management. 2015. No. 4 (23). Page 99-103.

10. Шаш Н.Н., Праведнов С.В. Инвестиционный процесс как основа эффективной реализации инвестиционных проектов // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2013. № 2 (23). С. 117-119.

Shash N. N., Pravednov S. V. Investment process as basis of effective implementation of investment projects//Business. Education. Right. Bulletin of the Volgograd institute of business. 2013. No. 2 (23). Page 117-119.

11. Шаш Н.Н., Путихин Ю.Е., Петрова И.В. Технология программного бюджетирования: российская практика // Известия Уральского государственного экономического университета. 2016. № 3 (65). С. 65-74.

Shash N. N., Putikhin Yu.E., Petrova of I. V. Tekhnologiya of program budgeting: Russian practice//News of the Ural state economic university. 2016. No. 3 (65). Page 65-74.

12. Cottarelli C. Public Private Partnerships. What are They? Theory and Practice. Deputy Director, Fiscal Affairs Department, IMF February 2008. P. 25.

13. Delmon J. Private Sector Investment in Infrastructure: Project Finance, PPP Projects and Risk / The World Bank and Kluwer Law International. The Netherlands, 2009. 640p.

14. Gerrard M. B. What Are Public-Private Partnerships, and How Do They Differ from Privatizations? // Finance & Development. 2001. Vol. 38, N 3.



УДК 330.341.2

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF STUDYING
THE INSTITUTIONAL ENVIRONMENT OF
SMALL INDUSTRIAL ENTERPRISES**

**М.В. Подшивалова
M.V. Podshivalova**

Южно-Уральский государственный национальный исследовательский университет, Россия,
454080, Челябинск, пр. Ленина, 76

Southern Ural state national research university, Russia, 454080, Chelyabinsk, Lenin Ave., 76

E-mail: pods-mariya@yandex.ru

Аннотация

Рассмотрены методологические аспекты исследования институциональной среды как в целом, так и в отношении малых предприятий промышленности. Систематизированы и описаны системный, эволюционный и синергетический подходы к изучению институциональной среды и соответствующие этим подходам свойства исследуемого объекта. Рассмотрены вопросы самоорганизации институциональных систем. Предложена система методологических принципов изучения институциональной среды: общенаучные принципы, базисные, специфичные и принципы способов познания. Сформулированы принципы изучения институциональной среды для частного случая носителя среды – малых промышленных предприятий: принцип взаимообусловленности институциональной среды и малого бизнеса; принцип региональной дифференциации малого бизнеса и его институциональной среды; принцип адаптивности малых предприятий к изменениям институциональной среды всех уровней.

Abstract

Methodological aspects of institutional environment study, both in general and in respect of small businesses industry are presented. Systematized and described a systematic, synergetic and evolutionary approaches to institutional environment's study and corresponding to these approaches, the properties of the test object. The questions of institutional systems self-organization are provided. The system of methodological principles of the institutional environment studying is proposed: general scientific principles, basic principles and specific methods of knowledge. The principles of exploration for a particular case - institutional environment of small industrial enterprises are proposed: principle of the interdependence of the institutional environment and small business; the principle of regional differentiation of small business and its institutional environment; the principle of adaptability of small businesses to changes in the institutional environment at all levels.

Ключевые слова: институциональная среда; институциональная система; синергетический подход; малый бизнес промышленности.

Keywords: institutional environment; institutional system; synergetic approach; small businesses industry.

Введение

Институциональная среда в современных исследованиях как в России, так и за рубежом является популярным объектом изучения. Ее анализируют в различных

масштабах, отраслевых и рыночных разрезах, временных интервалах, национальных экономиках. На рисунке 1 приведены данные¹, подтверждающие популярность этого объекта исследования в России. Как видно, налицо тенденция «бума» институциональных исследований в этом направлении в последние 5 лет.

Однако, как показал анализ, подавляющее большинство исследований не подкреплено проработкой методологических основ изучения этой категории: не выработаны единое понимание свойств, сущностных характеристик институциональных систем и методологических принципов их изучения. Данная работа отражает попытку автора внести свой вклад в решение этой методологической задачи.

Основные результаты исследования

В современной институциональной экономике институциональная среда как объект изучения представлена в таких научных направлениях как теория общественного выбора, транзакционных издержек, прав собственности, контрактов, теория фирмы и др.

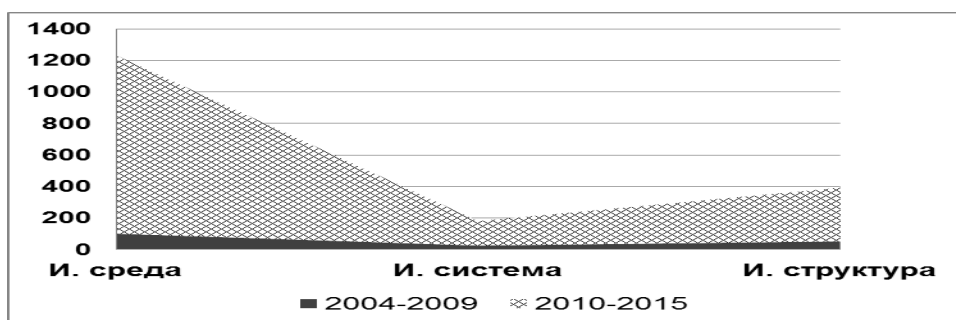


Рис. 1. Упоминание терминов в названии и ключевых словах научных статей без учета морфологии (сокр. И. – институциональная)

Fig. 1. The reference of the terms in the title and keywords of scientific articles excluding morphology (abbr. I. – institutional)

В таблице 1 представлена краткая характеристика контекста изучения институциональной среды в каждом случае. Отметим, что среди представленных концепций оригинальной (национальной) является популярная сегодня в России теория институциональных матриц.

Таблица 1
Table 1

Аспекты изучения институциональной среды (ИС) в экономике Aspects of the institutional environment studies in the economy

№	Научное направление	Аспекты изучения институциональной среды	Основные представители направления
1	2	3	4
1	Теория общественного выбора	Изучает ИС деятельности индивидов и организаций в общественном секторе, анализируя потери, связанные с деятельностью государства	Дж. Бьюкенен, Г. Талак, М. Олсон, Р. Толлисон
2	Теория транзакционных издержек	Влияние ИС на издержки, вызванные заключением контрактов и функционированием институтов	Р. Коуз, О. Уильямсон, А. Алчиан, Б. Клейн, Г. Демсец, Барцель

¹ составлено автором по данным научной библиотеки elibrary.ru



Окончание табл. 1

1	2	3	4
3	Теории прав собственности	Исследуется ИС деятельности экономических организаций в частном секторе и акценты смещаются на получение выигрыша от четкой спецификации прав собственности	Р. Коуз, А. Алчиан, Г. Демсец, Р. Познер, Де Алеси, Э. Фуруботн, С. Пейович и др.
4	Теория контрактов	Влияние ИС на процессы заключения и исполнения контрактов. При этом термин «институциональная среда» используется для анализа макро-уровня, институциональные соглашения – для внутрифирменных правил	М. Дженсен, В. Меклинг, Фама, Дж. Стиглиц, Б. Клейн, Д. Крепс, Дж. Коммонс, С. Гроссман, О. Харт
5	Теория фирмы	Обоснование поведения фирм и постоянства их стратегий в определенных институциональных условиях, поиск причин, мешающих фирмам встраиваться в существующую ИС. Стратегия фирмы рассматривается как производная от ИС	К. Оливер, П. ДиМаджио, В. Пауэлл, Дж. Гамильтон, Н. Биггарт, К. Эндрюсом, К. Хофером, К. Бартлет, С. Хошал
6	Экономическая институциональная история	Роль институциональной структуры в истории стран, вопросы изменения самих институтов, траекторий развития ИС. Зависимость институциональной системы от предшествующего развития	П. Дэвид, Б. Артур, Д. Норт, Р. Фогель, Д. Пуффет, Б. Айхенгрин, Л.Р. Порт, В.М. Полтерович, В.Л. Тамбовцев, А.Е. Шаститко, Г.Б. Клейнер, Ю.В. Латов, Р.М. Нуреев
7	Теория институциональных матриц	ИС исследуется на предмет наличия исторически устойчивых институциональных механизмов, обеспечивающих функционирование экономики и общества и составляющих основу их самовоспроизводства. Анализ направлен на выявление стабильной («генетической») составляющей ИС – матрицы.	С.Г. Кирдина, О.Э. Бессонова

Источник: составлено и доработано автором на основании исследований [Нуреев, 2010; Латов, 2004; Валиева, 2007]

Таблица 1 иллюстрирует всесторонний интерес к институциональной среде как объекту исследования. Экономисты изучают ее буквально «со всех сторон»: экзогенное изучение ориентировано на взаимовлияние ИС с различными экономическими явлениями и процессами, а эндогенное направлено на исследование внутренней структуры, механизмов становления и развития ИС как системы. Институциональная среда рассматривается как источник транзакционных издержек различных видов, как источник выгод и различного рода выигрышей, как многоуровневая иерархическая система, как затратнообразующая категория (издержки изменения и внедрения институтов), а в последних исследованиях и как механизм самоорганизации социально-экономических систем.

Систематизация накопленного опыта в изучении институциональной среды была проведена нами в двух направлениях: 1) раскрытие существенных характеристик объекта, позволяющих его идентифицировать и отличать от других категорий; 2) описание свойств институциональной среды, выделяемых различными подходами к ее изучению. Полученные выводы мы посчитали целесообразным распространить и развить для специфического и популярного объекта исследования – институциональную среду малых промышленных предприятий. Последнее обусловлено двумя обстоятельствами: с одной стороны – это декларируемая российским правительством существенная роль таких предприятий в инновационном развитии и обеспечении экономической безопасности страны, с другой – это слабость отечественной институциональной среды, которая практически единогласно признана ключевой причиной неразвитости малого бизнеса в России.

Существенные характеристики институциональной среды

Учитывая сложность и многогранность институциональной среды, очевидно, что ее исследование требует применения междисциплинарного подхода. Однако при определении существенных характеристик мы рассматривали это явление, прежде всего, как экономическую категорию.

В настоящее время существует явный дефицит работ, раскрывающих существенные характеристики категории «институциональная среда». Как правило, научные исследования соответствующей тематики направлены на характеристику ИС с позиций ее текущего состояния (некачественная, негибкая, и т. д.), а не на выявление существенных характеристик, позволяющих обособить ее в самостоятельную экономическую категорию. Выявление этих свойств возможно путем использования такого метода познания как абстрагирование, направленного на идентификацию *общих* свойств множества объектов, независимо от частных случаев. Опираясь на работы известных представителей институционального направления в России и за рубежом, мы предприняли попытку выделить существенные характеристики категории «институциональная среда».

1) **ИС неотделима от своего носителя.** В качестве носителя может выступать необозримое множество объектов и явлений в экономике: экономика страны в целом или отдельного региона, конкретный сектор промышленности, рынок в целом или его сегмент, предприятие любого масштаба и т. д. В этом смысле понятие «носитель» более разнородное и широкое, чем индивид, экономический актор или адресат правил, поскольку дает ответ на вопрос: институциональная среда *кого? чего?*

2) **ИС определяет уровень транзакционных издержек** и выгод для своего носителя. Выполнение любых правил сопряжено с издержками для их адресата, а невыполнение – с потерями. В то же время для других участников экономических отношений те же самые правила могут быть источником выгод различного рода.

3) **Изменение ИС затратно**, т. е. можно говорить о том, что любая ИС обладает ресурсоёмкостью, в том смысле, что ее функционирование и изменение требует ресурсов всех видов – временных, материальных, финансовых, трудовых, информационных. В отличие от предыдущего свойства, в данном случае рассматривается не влияние ИС на экономических акторов, а обратная связь – влияние акторов на ИС. Кроме того, речь идет не только о транзакционных издержках изменения ИС, но и реальных (трансформационных).

4) **ИС формирует вектор развития** (действий) адресата правил и задает структуру стимулов для экономических акторов. На наш взгляд, это свойство материализуется в распределительной функции институтов.

5) **ИС обладает качеством.** В научной литературе эта характеристика ИС упоминается довольно часто как априори заданная и объективно существующая, как нечто само собой разумеющееся. Возможно, поэтому нам не удалось обнаружить в научной литературе конкретного определения термина «качество институциональной среды».

Как видно, существенные характеристики ИС вытекают из существенных свойств ее системообразующего элемента – института. Они инварианты, независимы от частных

случаев и присущи любой институциональной среде как таковой. Конкретизация носителя ИС позволяет выявлять ее специфические свойства, которые мы предлагаем обособлять в характеристики *состояния* институциональной среды конкретного носителя. Например, институциональная среда малых промышленных предприятий сегодня характеризуется научным сообществом как неэффективная, неразвитая, неадекватная, негибкая, несовершенная, с высокими транзакционными издержками и пр.

Свойства институциональной среды как объекта изучения

Нам не удалось обнаружить в отечественной научной литературе работ, посвященных систематизации знаний о свойствах институциональной среды как объекта исследования. В силу чего мы предприняли попытку восполнить этот пробел, основываясь на анализе работ зарубежных и отечественных исследователей, в которых содержатся упоминания о различных свойствах институциональной среды (а также системы и структуры, когда трактование автора позволяло считать их синонимами). В ходе анализа обнаружилось, что все выделяемые в научной литературе свойства в основе своей имеют два ключевых подхода: системный и эволюционный (см. табл. 2). Так, эволюционная парадигма подразумевает изучение процессов долгосрочных поступательных изменений – последовательность переходов в иерархии структур возрастающей сложности [Николис, Пригожин, 1979]. Системный подход рассматривает институциональную среду как одну из подсистем социально-экономической системы общества.

Таблица 2

Table 2

Свойства институциональной среды как объекта изучения Properties of the institutional environment as an object of study

	Свойство институциональной среды	Описание	Ученые, упоминающие это свойство
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Системный подход</i>			
	Открытость	Взаимодействует с другими уровнями социально-экономических систем	Williamson O. [2000], Hayami Y. [1997], Клейнер Г.Б. [2005]
	Устойчивость (инвариантность, консервативность)	Устойчивая совокупность элементов и связей между ними	North D. [1989], Клейнер Г.Б. [2005], Полтерович В.М. [1999]
	Неоднородность	Низкая способность к структурированию из-за присутствия в составе качественных, малоизученных элементов (неформальные институты). Для таких систем не ставится задача определения всех компонентов и связей, а только основных, через которые можно оценить поведение системы	North D. [1989], Аузан А.А. [2006], Клейнер Г.Б. [2005]
	Комплементарность	Отдельные элементы институциональной системы взаимосвязаны, взаимодействуют и взаимообусловлены.	Кирдина С.Г. [2011], Аузан А.А. [2006], Олейник А.Н. [2005], Клейнер Г.Б. [2005], Полтерович В.М. [1999], North D. [1989], Aoki M. [1994], Streek W. [2004], Boyer R. [2005]



Окончание табл. 2

1	2	3	4
<i>Эволюционный подход</i>			
	Иерархия	Система имеет несколько иерархических уровней: макро-, мезо-, микро-, мини- и нано-.	Клейнер Г.Б. [2005], Аузан А.А. [2006], North D. [1989]
	Инерционность, эволюционность, генетичность	Зависимость от предшествующего состояния. История значима. Генотип доминирующей институциональной матрицы определяет возможный «коридор» изменений системы.	Williamson O. [2000], North D. [1989], Hamilton W.H. [1919], Нуреев Р.М. [2010], Шаститко А.Е. [2002], Клейнер Г.Б. [2005], Полтерович В.М. [1999], Кирдина С.Г. [2011]
	Диалектический характер отношений, цикличность	Диалектика отдельного института и институциональной среды в целом, так и институциональной среды различных уровней (макро-, мезо- и микро). Цикличность как повторение истории на качественно новом уровне	Клейнер Г.Б. [2005], Балацкий Е.В. [2007], Симчера, В.М. [2006]
	Адаптивность	Существование в институциональной системе механизмов ее стабилизации	Клейнер Г.Б. [2005]

Источник: составлено автором

В отечественной научной литературе содержится ряд работ, в которых институциональная среда описывается также с позиций синергетического подхода, который в отношении социально-экономических систем считают комбинацией системного и эволюционного подходов. Так, в рамках концепции самоорганизующихся систем способность институтов и институциональной системы к самоорганизации признают такие российские экономисты как Юрин С.В. [2008], Дятлов С.А. [2015], Балацкий Е.В. [2007], Залозная Г.М., Таспаев С.С. [2006], Щербаков Д.А. [2003], Квашнина Н.А., Ключина С.В., Бабаев Д.Б. [2004], Клейнер Г.Б. [2005]. Однако в их работах нам не удалось найти обоснования как самого факта применимости, так и методологии применения этой парадигмы.

Особняком стоит недавняя работа Кирдиной С.Г. [2011] о применимости самоорганизационного подхода к социально-экономическим системам (СЭС). В частности, она обосновывает рассмотрение экономики как сложной системы, в отношении которой действуют законы самоорганизации. При этом, по мнению Кирдиной С.Г., механизм самоорганизации СЭС отражается в *структуре* институтов. Раскрывая суть процесса институциональной самоорганизации экономики, автор характеризует его таким образом: «создание и отмирание, адаптация заимствуемых и модернизация исторически присущих институциональных форм характеризуют непрерывный процесс институциональных изменений в экономической системе». На наш взгляд, подобное описание этого механизма отражает способность к самоорганизации, прежде всего, институциональных систем. В теории институциональных матриц экономика выступает подсистемой институциональной структуры, поэтому вполне логично, что именно институты обладают свойством самоорганизации, «запуская» следом самоорганизацию всей социально-экономической системы.

Следует отметить, что в вопросах первопричинности самоорганизации СЭС, а именно ее пусковых механизмов, в научной среде существует достаточная неопределенность. Так, Дятлов С.А. [2015] выдвигает гипотезу о когнитивно-инновационной самоорганизации институционально-экономической системы, «выражающейся в создании новых идей, знаний, решений, технологий, продуктов, а также создании новых рынков, включая создание новых рыночных сегментов в глобальной сети». Продолжая мысль Дятлова, отметим, что это создает объективную необходимость в новых институтах и /или их модификации, отмирании старых институциональных форм.

Таким образом, можно выдвинуть гипотезу о следующей последовательности самоорганизации СЭС: когнитивный уровень → институциональный уровень → ресурсный. В качестве косвенных доказательств наличия свойств самоорганизации у институциональных систем могут быть приняты результаты исследований механизмов входа/выхода в институциональные ловушки. Так, по мнению Полтеровича В.М. [1999], имеются «основания предполагать, что с течением времени в экономической системе спонтанно формируются механизмы, способствующие выходу из институциональной ловушки». Некоторые принципы постепенного выхода из институциональной ловушки коррупции описаны французским экономистом Ж. Тиролем [Tirole, 1996] и итальянскими учеными С. Ровелли и К. Бикьери [Bicchieri, Rovelli, 1995]. Тем самым можно говорить о становлении и развитии в настоящее время нового подхода к изучению институциональных систем – самоорганизационного (синергетического).

Наглядно систематизация современных научных представлений об институциональной среде как объекте изучения представлена на рисунке 2. Как видно, мы предлагаем выделять три ключевых аспекта в исследовании институциональной среды любого носителя. Первый – это инвариантные сущностные характеристики данной категории, выделенные методом абстрагирования и присущие любой институциональной среде как таковой. Отметим, что сущностные характеристики ИС производны от сущности категории «институт». Второй аспект – конкретизация носителя институциональной среды позволяет выявлять характеристики *состояния* ИС в каждом частном случае исследования. Они вариативны, поскольку определяются спецификой конкретного носителя и их перечень является открытым в отличие от сущностных характеристик.



Рис. 2. Методологические основы познания категории «институциональная среда»

Fig. 2. Methodological basis of the "institutional environment" category

И наконец, третий аспект изучения – это свойства ИС, которыми ее наделяет исследователь в зависимости от выбранного им подхода к изучению. В данном случае очевидно, что свойства ИС как объекта изучения будут определяться, с одной стороны, определенным способом изучения, а с другой будут свойственны ей как *совокупности* институтов. На схеме мы отобразили два общепризнанных сегодня подхода – системный и эволюционный и соответствующие им свойства ИС. Перечень этих свойств также открыт и может пополняться любым новым подходом, отличным от предыдущих. Например, мы предполагаем, что к ИС применим подход черного/белого ящика.

Методологические принципы изучения институциональной среды

Логичным итогом рассмотрения институциональной среды как научной категории является формулирование принципов ее исследования. В соответствии с описанными

выше аспектами изучения данной категории мы предлагаем следующую систему методологических принципов (рис. 3).



Рис. 3. Система методологических принципов изучения институциональной среды
 Fig. 3. Methodological principles system of institutional environment's study

Общенаучные принципы (детерминизма, соответствия, дополнительности – согласно работе [Новиков, 2010]) лежат в основе любого научного исследования как такового. Остальные принципы изучения ИС в общих и частных случаях мы предлагаем разграничивать на три типа:

- 1) базисные или основополагающие принципы, позволяющие учитывать сущностные характеристики ИС любого вида;
- 2) специфические – вытекающие из специфики носителя ИС, т. е. частного случая исследования;
- 3) принципы способа познания – применение любого подхода к изучению предполагает применение соответствующих ему принципов. Например, для системного подхода это принципы целостности, системности и множественности.

В соответствии с нашей классификацией остановимся подробнее на базисных и специфических принципах исследования институциональной среды.

Первые производны от сущностных характеристик категории «институциональная среда», в силу чего могут быть сформулированы следующим образом:

- 1) принцип учета ресурсоемкости ИС;
- 2) принцип ненулевых транзакционных издержек любой ИС;
- 3) принцип учета качества ИС;
- 4) принцип учета стимулирующего свойства ИС.

Специфические принципы направлены на учет особенностей ИС конкретного (частного) случая, в нашем варианте – институциональной среды малых промышленных предприятий. Специфика этих форм предпринимательства позволяет сформулировать следующие принципы исследования институциональной среды этого сектора.

1. Принцип взаимообусловленности институциональной среды и малого бизнеса как института – элемента институциональной системы.
2. Принцип региональной дифференцированности малого бизнеса и его институциональной среды.
3. Принцип адаптивности, т. е. способности малых предприятий приспосабливаться к изменениям институциональной среды всех уровней.

Основные выводы

Необходимость критического переосмысления идей западной институциональной экономики на концептуально-методологическом уровне осознается сегодня все большим числом исследователей. Актуальность этой проблемы подкрепляется также «ажитажным



спросом» среди исследователей на прикладные инструменты изучения отечественной институциональной среды в различных ее аспектах, включая малый сектор промышленности. Очевидно, что качество подобных исследований будет определяться качеством проработки их методологических основ. Тем не менее, анализ научной литературы показал, что до сих пор не систематизирован накопленный научный материал и не сформированы единые методологические принципы изучения институциональной среды как самостоятельной категории. С нашей точки зрения, дальнейшие прикладные разработки, касающиеся оценки качества институциональной среды, в том числе в отношении малых промышленных предприятий, целесообразно проводить на базе оценки сущностных характеристик этой категории. Мы полагаем, что наиболее перспективным подходом к изучению институциональных изменений является синергетический подход.

Список литературы References

1. Аузан А.А. 2006. Институциональная экономика: новая институциональная экономическая теория. М.: Инфра-М, 416 с.
Auzan A. A. 2006. Institutional economy: new institutional economic theory. M.: Infra-M, 416 pages.
2. Балацкий Е.В. 2007. Нечеткие институты, культура населения и институциональная энтропия // Общество и экономика, № 5. С.36–53.
Balatsky E. V. 2007. Indistinct institutes, culture of the population and institutional entropy//Society and economy, No. 5. Page 36-53.
3. Валиева О.В. 2007. Институциональная среда инноваций: теоретический и прикладной аспекты // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки, Т.7., Вып. 2. С. 134 – 143.
Valiyeva O. V. 2007. Institutional medium of innovations: theoretical and applied aspects//Bulletin of NSU. Series: Social and economic sciences, T.7., Issue 2. С. 134 – 143.
4. Дятлов С.А. 2015. Энтропия институциональных систем в условиях глобальной гиперконкуренции // Институциональная трансформация экономики: российский вектор новой индустриализации. Материалы IV международной научной конференции. Омск, С. 53–64.
S. A. woodpeckers 2015. Entropy of institutional systems in the conditions of global hypercompetition//Institutional transformation of economy: Russian vector of new industrialization. Materials IV of the international scientific conference. Omsk, Page 53-64.
5. Залозная Г.М., Таспаев С.С. 2006. Роль институционального механизма в функционировании российской экономики // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, № 3, С. 114 –118.
Zalozny G.M., Taspayev C.C. 2006. A role of the institutional mechanism in functioning of the Russian economy//News Orenburg state agrarian university, No. 3, Page 114 – 118.
6. Квашнина Н.А., Ключина С.В., Бабаев Д.Б. 2004. Институциональная среда экономики: самоорганизация и регулирование // Личность. Культура. Общество. Вып. 2 (22)., С. 258 – 269.
Kvashnina N. A., Klyuzina S. V., Babayev D.B. 2004. Institutional medium of economy: self-organization and adjustment//Person. Culture. Society. Issue 2 (22)., Page 258 – 269.
7. Кирдина С.Г. 2011. Институциональные изменения и принцип Кюри // Экономическая наука современной России, №1, С. 19 – 38.
Kirdina S. G. 2011. Institutional changes and Curie's principle//Economic science of modern Russia, No. 1, Page 19 – 38.
8. Клейнер Г.Б. 2005. Институциональные изменения: проектирование, селекция или протезирование? // Постсоветский институционализм. Донецк: «Каштан», С. 408 – 432.
Kleyner G. B. 2005. Institutional changes: projection, selection or prosthetics?//Post-Soviet institutionalism. Donetsk: "Chestnut", Page 408 – 432.
9. Латов Ю.В. 2004. Теории экономической истории – новые, новейшие и рождающиеся // Историко-экономические исследования, №1–2 (4), С. 131 – 141.
YU.V. Iats 2004. Theories of economic history – new, the latest and the born//Historical and economic researches, No. 1-2 (4), Page 131 – 141.
10. Николис П., Пригожин И. 1979. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 512 с.
Nikolis P., Prigozhin And. 1979. Self-organization in nonequilibrium systems. M.: World, 512 pages.



11. Новиков А.М., Новиков Д.А. 2010. Методология научного исследования. – М.: Либроком. 280 с.
Novikov A. M., Novikov D. A. 2010. Methodology of scientific research. – М.: Librokom. 280 pages.
12. Нуреев Р.М. 2010. Очерки по истории институционализма. Ростов н/Д: Изд-во «Содействие – XXI век»; Гуманитарные перспективы, 415 с.
Nureev R. M. 2010. Sketches on institutionalism stories. Rostov N / Д: Assistance — the 21st Century publishing house; Humanitarian prospects, 415 pages.
13. Олейник А.Н. 2005. Институциональная экономика. М.: ИНФРА-М, – 704 с.
Oleynik A. N. 2005. Institutional economy. М.: INFRA-M, – 704 with.
14. Полтерович В.М. 1999. Институциональные ловушки и экономические реформы // (http://mathecon.cemi.rssi.ru/vm_polterovich/files/ep99001.pdf – Дата обращения: 10.10.2015)
Polterovich V. M. 1999. Institutional traps and economic reforms//(http://mathecon.cemi.rssi.ru/vm_polterovich/files/ep99001.pdf – Date of the address: 10.10.2015)
15. Симчера В.М. 2006. Развитие экономики России за 100 лет: 1900–2000. Исторические ряды, вековые тренды, институциональные циклы. М.: Наука, 587 с.
Simchera V. M. 2006. Development of economy of Russia in 100 years: 1900–2000. Historical series, century trends, institutional cycles. М.: Science, 587 pages.
16. Шашитко А.Е. 2002. Новая институциональная экономическая теория. М.: ТЕИС. – 591 с.
Shastitko A. E. 2002. New institutional economic theory. М.: TEIS. – 591 pages.
17. Щербakov Д.А. 2003. Институциональная структура переходной экономики: самоорганизация и организация. Дисс. кан. эконом. наук.: Саратов, 183 с.
Scherbakov D. A. 2003. Institutional structure of a transitional economy: self-organization and organization. Дисс. canal house-keeper. sciences.: Saratov, 183 pages.
18. Юрин С.В. 2008. Институциональные факторы развития аграрной экономики. Дисс. кан. эконом. наук., Саратов, 184 с.
Yurin S. V. 2008. Institutional factors of development of agrarian economy. Дисс. canal house-keeper. sciences., Saratov, 184 pages.
19. Aoki M. 1994. Contingent Governance of Teams: Analysis of Institutional Complementarity // *International Economic Review*, Vol. 35, P. 657 – 676.
20. Bicchieri C., Rovelli C. 1995. Evolution and Revolution. The Dynamics of Corruption // *Rationality and Society*, v.7., #2., P. 201–224.
21. Boyer R. 2005. Coherence, Diversity, and the Evolution of Capitalism: The Institutional Complementarity Hypothesis // *Evolutionary and Institutional Economic Review*, Vol.2, №1, P. 43–80.
22. Hamilton W.H. 1919. The Institutional Approach to Economic Theory // *American Economic Review*. Vol.9, #1, p. 309–318.
23. Hayami, Y. 1997. Development Economics from the poverty to wealth of nations. Oxford University Press, 316 p.
24. North D. 1989. Institutions and Economic Growth: An Historical Introduction // *World Development*, vol.17, #9, P. 1319 – 1332.
25. Streeck W. 2004. Taking Uncertainly Seriously: Complementarity as a Moving Target // *Workshops*, №1, P.101 – 115.
26. Tirole J. A. 1996. Theory of Collective Reputations with applications to the persistence of corruption and to firm quality. // *Review of Economic Studies*, Vol. 63 (1), P. 1 – 22.
27. Williamson O. 2000. The New Institutional Economics: Taking Stock Looking Ahead // *Journal of Economic Literature*, Vol. 38, № 3, P. 595–613.

РЫНОК ТРУДА И ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ

LABOR MARKET AND ECONOMIC EDUCABLE AND BUSINESS

УДК 378.4:332.055

**МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПУБЛИКАЦИОННОЙ
АКТИВНОСТИ И ЦИТИРУЕМОСТИ НА ПРИМЕРЕ УНИВЕРСИТЕТОВ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**METHODOLOGY FOR ASSESSING REGIONAL PUBLICATION ACTIVITY
AND CITATION: A CASE STUDY OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT
UNIVERSITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Московкин В.М., Лю Явэй
Moskovkin V.M., Liu Yawei**

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

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

E-mail: moskovkin@bsu.edu.ru

Аннотация

На основе РИНЦ разработана методология оценки региональной публикационной активности и цитируемости на примере университетов ЦФО РФ. Она представляет собой агрегирование по всем университетам региона данных по их публикационной активности и цитируемости. При этом данные по значениям абсолютных индикаторов суммируются по всем университетам региона, а для относительных индикаторов рассчитываются их средние арифметические значения. Полученные данные нормируются на максимальные значения и вычисляется среднеарифметический региональный интегральный показатель публикационной активности и цитируемости, изменяющийся в интервале от нуля до единицы. Последнее позволяет классифицировать регионы по интервалам изменения значений этого показателя на пять групп. Для 22-х избранных индикаторов публикационной активности и цитируемости (всего в РИНЦ 36 таких индикаторов) и 18-ти регионов ЦФО РФ построена кросскорреляционная матрица. Проведен анализ этой матрицы и построены девять избранных уравнений парной линейной регрессии. Полагается, что предложенный региональный интегральный показатель публикационной активности и цитируемости является одной из составляющих региональной университетской конкурентоспособности.

Abstract

The article presents RSCI methodology for assessing regional publication activity and citation on the case study of the Central Federal district universities of the Russian Federation. The data on the value of absolute indicators are summed across all universities of the region and for relative indicators were calculated their average arithmetic values. The obtained data are normalized to the maximum values and computes the average regional integrated publication activity and citation indicator changing in the interval from zero to one. The latter allows to classify the regions according to the intervals changing the values of the indicator into five groups. Cross-correlation matrix is constructed for 22 selected indicators of publication activity and citations (There are Only 36 indicators of such kind from the Russian Science Citation Index) and 18 Central Federal District regions of the Russian Federation. The article also analyses this matrix and nine selected pair-wise linear regression equations. The proposed regional integrated indicator of publication activity and citation is one of the components of the regional university competitiveness.



Ключевые слова: региональная публикационная активность и цитируемость, РИНЦ, Центральный Федеральный округ РФ, региональная университетская конкурентоспособность, кросскорреляционная матрица, университеты Центрального Федерального округа.

Keywords: regional publication activity and citation, RSCI, Central Federal district of the Russian Federation, regional university competitiveness, cross-correlation matrix, Central Federal District universities.

Введение

Для изучения литературы, посвященной анализу публикационной активности цитируемости на уровне регионов Российской Федерации, используем возможности поисковой машины Google Scholar [1,2]. При этом мы будем предполагать использование базы данных РИНЦ для анализа этой публикационной активности и цитируемости. Если в расширенном поиске Google Scholar в строке “точное словосочетание” записать термин “публикационная активность”, а ниже в строке – РИНЦ, то мы получим 589 откликов (публикаций). Просмотр всех этих откликов привел только к трем релевантным статьям, близким к теме нашего исследования [3-5] (поиск в Google Scholar проведен 15.02.2017 г.). В первой статье изучалась публикационная активность с помощью базы данных РИНЦ для восьми вузов и четырех НИИ Волгоградской области [3], во второй статье изучалась публикационная активность трех Прикаспийских регионов (Астраханская обл., Республика Дагестан, Республика Калмыкия) на основе этой же базы данных за период 2010 по 2014 г. включительно [4], в третьей статье изучалась публикационная активность в экономической науке Азиатской России, и показано, что эта публикационная активность отличается высоким уровнем пространственной концентрации, а система научных коммуникаций – высоким уровнем фрагментации [5]. В этом кластере публикаций отсутствовали работы, охватывающие большой перечень регионов и весь спектр индикаторов базы данных РИНЦ. Этот пробел восполним ниже.

Основные результаты исследования

Одной из составляющих региональной университетской конкурентоспособности могут служить агрегированные по всем университетам региона данные по их публикационной активности и цитируемости. Такие данные по 36 индикаторам для каждого университета предоставляет сейчас РИНЦ (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Перечень индикаторов РИНЦ по университетской статистике публикаций и цитирований

The list of RINTs indicators on university statistics of publications and citings

Номер индикатора	Название индикатора
<i>1</i>	<i>2</i>
1	Общее число публикаций за 5 лет
2	Число публикаций в зарубежных журналах
3	Доля публикаций в зарубежных журналах, %
4	Число публикаций в зарубежных и российских переводных журналах
5	Доля публикаций в зарубежных и российских переводных журналах, %
6	Число публикаций в зарубежных журналах и российских из перечня ВАК
7	Доля публикаций в зарубежных журналах и российских из перечня ВАК, %
8	Число публикаций в журналах, входящих в Web of Science или Scopus
9	Доля публикаций в журналах, входящих в Web of Science или Scopus, %
10	Число публикаций в журналах, входящих в ядро РИНЦ
11	Доля публикаций в журналах, входящих в ядро РИНЦ, %



Окончание табл. 1

1	2
12	Число публикаций в журналах с импакт-фактором >0
13	Доля публикаций в журналах с импакт-фактором >0, %
14	Число публикаций, процитированных хотя бы один раз
15	Доля публикаций, процитированных хотя бы один раз, %
16	Число публикаций с участием зарубежных авторов
17	Доля публикаций с участием зарубежных авторов, %
18	Число публикаций в сотрудничестве с другими организациями
19	Доля публикаций в сотрудничестве с другими организациями, %
20	Число авторов публикаций
21	Число авторов, имеющих публикации в журналах, входящих в Web of Science или Scopus
22	Доля авторов, имеющих публикации в журналах, входящих в Web of Science или Scopus, %
23	Число авторов, имеющих публикации в журналах, входящих в ядро РИНЦ
24	Доля авторов, имеющих публикации в журналах, входящих в ядро РИНЦ, %
25	Число цитирований в РИНЦ
26	Число цитирований из ядра РИНЦ
27	Доля цитирований из ядра РИНЦ, %
28	Средневзвешенный импакт-фактор журналов, опубликовавших статьи
29	Среднее число публикаций в расчете на одного автора
30	Среднее число цитирований в расчете на одну публикацию
31	Среднее число цитирований в расчете на одного автора
32	Число внешних цитирований (не из публикаций этой же организации)
33	Доля внешних цитирований (не из публикаций этой же организации), %
34	h- индекс (индекс Хирша)
35	I-индекс
36	G-индекс

Из этих 36 индикаторов нами отобраны наиболее значимые 15 абсолютных и 7 относительных индикаторов под номерами 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 21, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34.

Распределение числа университетов по 18 субъектам Центрального Федерального округа (ЦФО) РФ приведено в табл. 2.

Сбор данных по 22 индикаторам этих университетов проведен в интервале времени с 27.12.2016 по 03.02.2016 г. Отметим, что за этот период времени база данных РИНЦ не обновлялась.

По каждому субъекту ЦФО РФ вычислены суммарные значения для абсолютных индикаторов, за исключением индекса Хирша, по всем университетам регионов ЦФО РФ и средние арифметические значения относительных индикаторов (долевые и удельные индикаторы) и индекса Хирша, которые приведены в таблице 3 и представляют собой матрицу размерности 18 (регионов) x 22 (индикатора). Суммарные значения для абсолютных индикаторов по регионам ЦФО РФ целесообразно сравнивать с их значениями для Москвы, подсчитывая их отставания. Например, по индикаторам 1 и 4 Белгородская область отстает от Москвы, соответственно, в 23, 2 и 37, 4 раза (табл. 1), что и очевидно, так как количество московских вузов превышает количество белгородских в 25, 8 раза (табл. 2). В то же время по удельным индикаторам под номерами 29 и 31 Белгородская область имеет лучшие показатели. Это связано с непропорционально меньшим количеством авторов в Белгородской области по сравнению с Москвой относительно общего числа публикаций и цитирований.



Таблица 2
Table 2

Распределение числа университетов по 18 субъектам ЦФО РФ
Distribution of number of universities on 18 subjects of the CFD
of the Russian Federation

№	Субъекты ЦФО РФ	Число университетов
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	Белгородская область	6
2	Брянская область	5
3	Владимирская область	3
4	Воронежская область	16
5	Ивановская область	7
6	Калужская область	4
7	Костромская область	2
8	Курская область	7
9	Липецкая область	5
10	Московская область	24
11	Орловская область	6
12	Рязанская область	6
13	Смоленская область	7
14	Тамбовская область	4
15	Тверская область	5
16	Тульская область	5
17	Ярославская область	8
18	Город Москва	155

На основе таблицы 3 рассчитана матрица значений коэффициента парных корреляций с двумя знаками после запятой между всеми индикаторами, которая приведена в рисунке 1. Из общего числа значений коэффициента парной корреляции за минусом единичной диагонали получим 231 значение ($23 \times 11 - 22 = 231$). Из этого количества мы имеем 105 значений коэффициента парной корреляции меньших 0,5. Из рассматриваемого рисунка мы, например, видим, что индикаторы под номерами 28 и 30 очень плохо коррелируют со всеми остальными индикаторами, кроме индикаторов под номерами 30 и 31 в первом случае, и под номерами 28, 31 и 34 – во втором случае. Из рисунка 1 видим, что хуже всего коррелированы между собой и с другими индикаторами индикаторы под номерами 28-31, 33, 34. Сюда вошли четыре индикатора (под номерами 28-31), вычисленные как средние доли внешних цитирований (под номером 33) и индекса Хирша (под номером 34).

Таблица 3
Table 3

Матрица агрегированных (суммарных) абсолютных и осредненных относительных значений индикаторов по всем субъектам ЦФО РФ
Matrix of the aggregated (total) absolute and average relative values of indicators on all subjects of the CFD of the Russian Federation

Пер., №	Номер индикаторов									
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
1	39765,00	1207,00	2023,00	14268,00	1075,00	2002,00	18165,00	9518,00	528,00	6129,00
2	12908,00	207,00	431,00	4516,00	233,00	643,00	6578,00	2919,00	127,00	2056,00
3	8439,00	103,00	632,00	4087,00	414,00	881,00	6139,00	1785,00	75,00	775,00
4	81732,00	1464,00	4837,00	27970,00	2563,00	6748,00	39163,00	19459,00	726,00	15711,00
5	16428,00	597,00	2020,00	7626,00	1678,00	3188,00	11572,00	4088,00	308,00	3106,00
6	2506,00	40,00	119,00	875,00	82,00	169,00	1490,00	379,00	24,00	490,00



Продолжение табл. 3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
7	5838,00	51,00	179,00	2865,00	385,00	8,60	4180,00	1175,00	36,00	472,00
8	27909,00	475,00	930,00	10939,00	706,00	1314,00	13712,00	6804,00	208,00	3564,00
9	11420,00	231,00	564,00	3842,00	274,00	562,00	5294,00	2088,00	68,00	2721,00
10	56765,00	4330,00	8396,00	26730,00	6761,00	9845,00	32722,00	15938,00	3705,00	19028,00
11	19156,00	118,00	381,00	7627,00	206,00	559,00	12464,00	3804,00	127,00	1886,00
12	21513,00	364,00	702,00	7605,00	685,00	1287,00	10073,00	5043,00	200,00	3178,00
13	6604,00	145,00	300,00	3411,00	305,00	602,00	4480,00	1419,00	94,00	1076,00
14	21015,00	274,00	813,00	11474,00	440,00	1137,00	14071,00	5645,00	61,00	2693,00
15	15154,00	270,00	897,00	6203,00	739,00	1318,00	8631,00	3305,00	148,00	2412,00
16	13700,00	178,00	529,00	6680,00	253,00	673,00	8467,00	2601,00	67,00	1699,00
17	16388,00	334,00	1188,00	8044,00	978,00	2001,00	9864,00	3480,00	144,00	2518,00
18	921071,00	28262,00	75636,00	358610,00	65774,00	119860,00	461268,00	202896,00	18860,00	195970,00

Окончание табл. 3

Пер., №	Номер индикаторов											
	20	21	23	25	26	28	29	30	31	32	33	34
<i>1</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>
1	4535,00	855,00	1236,00	41420,00	1384,00	0,37	8,77	1,04	9,13	15485	0,37	34,17
2	1626,00	171,00	353,00	8799,00	512,00	0,27	7,94	0,68	5,41	3896	0,44	24,00
3	1143,00	242,00	385,00	5343,00	726,00	0,32	7,38	0,63	4,67	2939	0,55	17,67
4	9342,00	1655,00	3121,00	78580,00	5244,00	0,37	8,75	0,96	8,41	33233	0,42	36,06
5	2818,00	801,00	1125,00	12208,00	4123,00	0,34	5,83	0,74	4,33	5944	0,49	22,29
6	292,00	31,00	49,00	1355,00	192,00	0,30	8,58	0,54	4,64	906	0,67	11,25
7	780,00	164,00	224,00	3409,00	342,00	0,29	7,48	0,58	4,37	1641	0,48	21,00
8	3455,00	550,00	831,00	29069,00	1029,00	0,36	8,08	1,04	8,41	10922	0,38	25,43
9	1390,00	172,00	272,00	7134,00	268,00	0,28	8,22	0,62	5,13	4171	0,58	27,40
10	8483,00	2073,00	2721,00	94952,00	43200,00	0,42	6,69	1,67	11,19	71661	0,75	30,38
11	2507,00	172,00	416,00	13560,00	246,00	0,27	7,64	0,71	5,41	7845	0,58	24,83
12	2625,00	337,00	642,00	31148,00	9249,00	0,55	8,20	1,45	11,87	19607	0,63	36,67
13	1312,00	239,00	365,00	4628,00	606,00	0,31	5,03	0,70	3,53	3072	0,66	18,86
14	2724,00	317,00	607,00	20941,00	745,00	0,28	7,71	1,00	7,69	9896	0,47	37,25
15	2358,00	486,00	674,00	10013,00	960,00	0,32	6,43	0,66	4,25	4456	0,45	27,40
16	1891,00	247,00	404,00	8488,00	424,00	0,26	7,24	0,62	4,49	3732	0,44	22,80
17	2360,00	585,00	836,00	10208,00	1511,00	0,29	6,94	0,62	4,33	6148	0,60	22,88
18	105104,00	30015,00	42346,00	921371,00	206286,00	0,38	8,76	1,00	8,77	617159	0,67	36,01



	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	21	23	25	26	28	29	30	31	32	33	34	
1	1,00																						
2	0,99	1,00																					
4	1,00	1,00	1,00																				
6	1,00	1,00	1,00	1,00																			
8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																		
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																	
12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																
14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00															
16	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99														
18	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99													
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00												
21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00											
23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00										
25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00									
26	0,98	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99								
28	0,21	0,23	0,22	0,20	0,21	0,21	0,20	0,22	0,24	0,22	0,21	0,20	0,20	0,23	0,27	1,00							
29	0,32	0,28	0,29	0,31	0,28	0,29	0,31	0,32	0,26	0,30	0,31	0,29	0,30	0,31	0,26	0,18	1,00						
30	0,18	0,23	0,20	0,18	0,19	0,18	0,18	0,19	0,26	0,20	0,19	0,17	0,17	0,22	0,28	0,81	0,15	1,00					
31	0,28	0,31	0,29	0,28	0,28	0,27	0,28	0,29	0,32	0,29	0,29	0,27	0,27	0,31	0,34	0,82	0,47	0,94	1,00				
32	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,23	0,30	0,22	0,31	1,00			
33	0,28	0,34	0,32	0,29	0,33	0,31	0,29	0,28	0,37	0,31	0,29	0,30	0,29	0,30	0,39	0,26	-0,20	0,25	0,12	0,33	1,00		
34	0,38	0,37	0,36	0,38	0,35	0,36	0,38	0,39	0,37	0,37	0,38	0,36	0,36	0,39	0,37	0,52	0,39	0,67	0,76	0,37	-0,15	1,00	
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	21	23	25	26	28	29	30	31	32	33	34	

Рис. 1. Кросскорреляционная матрица для 22-х избранных индикаторов
 Fig. 1. Krosskorrelyatsionny matrix for 22 chosen indicators

Построим на основе таблицы 3 региональный интегральный показатель публикационной активности и цитируемости. Для этого пронормируем значения всех 22-х индикаторов на их максимальные значения по выборке регионов и подсчитаем среднее арифметическое значение нормированных индикаторов (табл. 4).

Таблица 4
 Table 4

Региональный интегральный показатель публикационной активности и цитируемости
Regional integrated indicator of printing activity and quoting

Регион	Интегральный показатель	Интегральной показатель без учета г. Москвы
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Белгородская область	0,227	0,443
Брянская область	0,165	0,227
Владимирская область	0,160	0,213
Воронежская область	0,252	0,713
Ивановская область	0,167	0,312
Калужская область	0,157	0,170
Костромская область	0,153	0,185
Курская область	0,201	0,346
Липецкая область	0,177	0,233
Московская область	0,316	0,926
Орловская область	0,176	0,261



Окончание табл. 4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Рязанская область	0,270	0,398
Смоленская область	0,152	0,198
Тамбовская область	0,205	0,322
Тверская область	0,164	0,258
Тульская область	0,154	0,224
Ярославская область	0,169	0,280
Город Москва	0,949	-

Аналогичные расчеты в таблице 4 проделаны и без учета г. Москвы. Если классифицировать регионы ЦФО РФ на 5 групп, с учетом того, что значения интегрального показателя публикационной активности и цитируемости изменяются от 0 до 1, то на основе таблицы 4 получим следующие разбиения регионов по уровням публикационной активности и цитируемости (табл. 5).

Таблица 5
Table 5

Распределения регионов ЦФО РФ по уровням публикационной активности и цитируемости, полученные на основе таблицы 4
The distributions of regions of the CFD of the Russian Federation on levels of printing activity and a quoting received on the basis of table 4

Интервал изменения значений интегрального показателя	Уровень публикационной активности и цитируемости	Регионы ЦФО РФ	Регионы ЦФО РФ без учета г. Москвы
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
0,8-1,0	Очень высокий	Город Москва	Московская обл.
0,6-0,8	Высокий	0	Воронежская обл.
0,4-0,6	Средний	0	Белгородская обл.
0,2-0,4	Низкий	Московская обл. Рязанская обл. Воронежская обл. Белгородская обл. Тамбовская обл. Курская обл.	Рязанская обл. Курская обл. Тамбовская обл. Ивановская обл. Ярославская обл. Орловская обл. Тверская обл. Липецкая обл. Брянская обл. Тульская обл. Владимирская обл.
0-0,2	Очень низкий	Липецкая обл. Орловская обл. Ярославская обл. Ивановская обл. Брянская обл. Тверская обл. Владимирская обл. Калужская обл. Тульская обл. Костромская обл. Смоленская обл.	Смоленская обл. Костромская обл. Калужская обл.

Как видим из таблицы 5, большинство регионов имеют очень низкий уровень публикационной активности и цитируемости. В расчетах без учета г. Москвы лидирующие позиции занимают Московская, Воронежская и Белгородская области.

В соответствии с кросскорреляционной матрицей (рис. 1) нами рассчитаны уравнения линейной регрессии для девяти пар индикаторов (рис. 2-4, табл. 6). Пары индикаторов обозначены как (n, m), где n, m - номера индикаторов в табл. 3 и рис. 1, причем n откладывается по оси x, а m - по оси y.

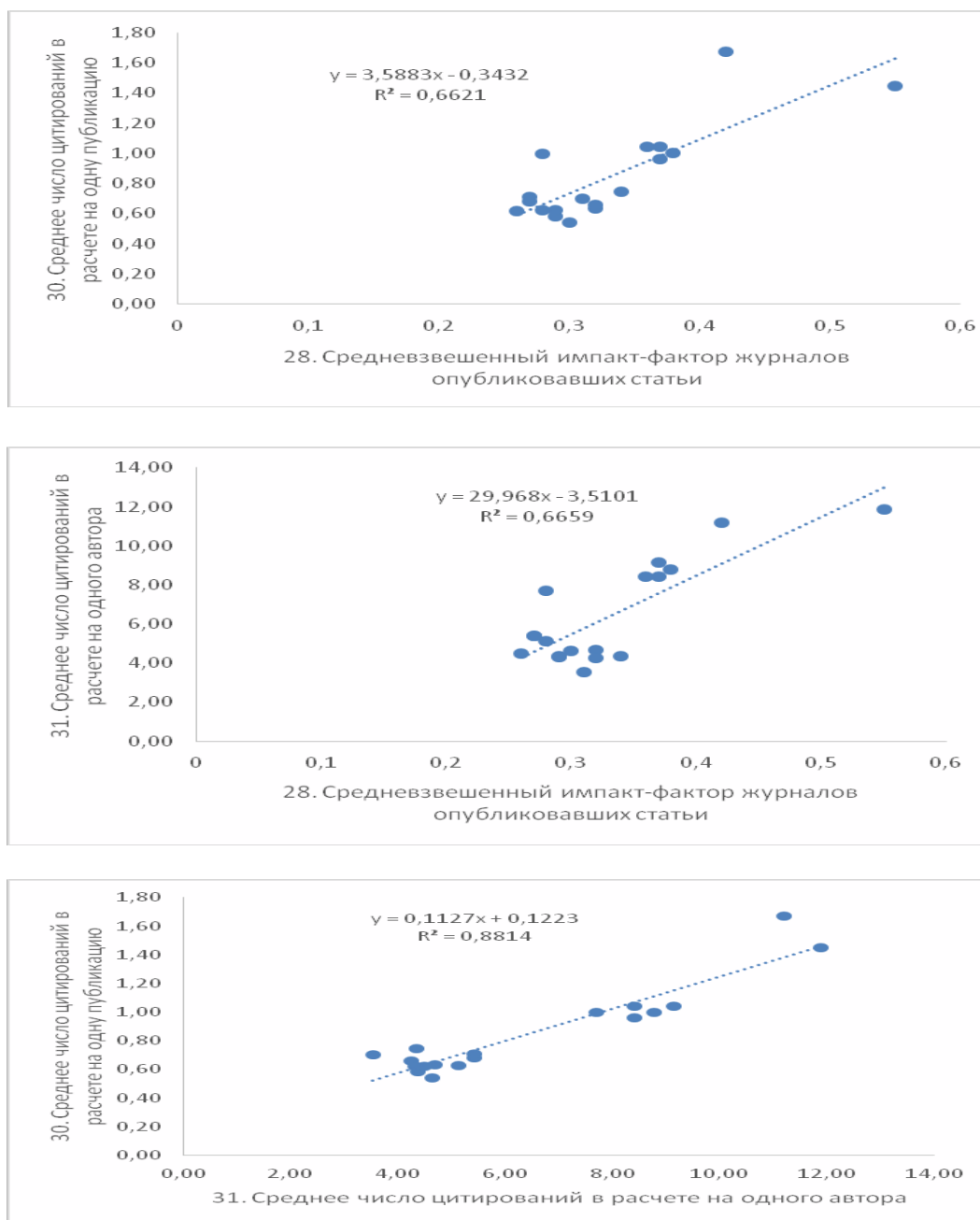


Рис. 2. Уравнения линейной регрессии для пар индикаторов: (28,30); (28,31); (31, 30)

Fig. 2. The equations of linear regression for pairs of indicators: (28,30); (28,31); (31, 30)

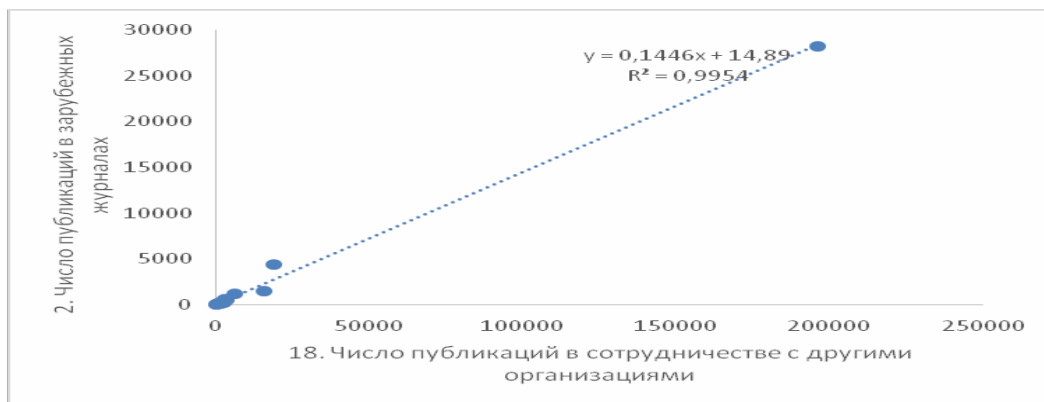
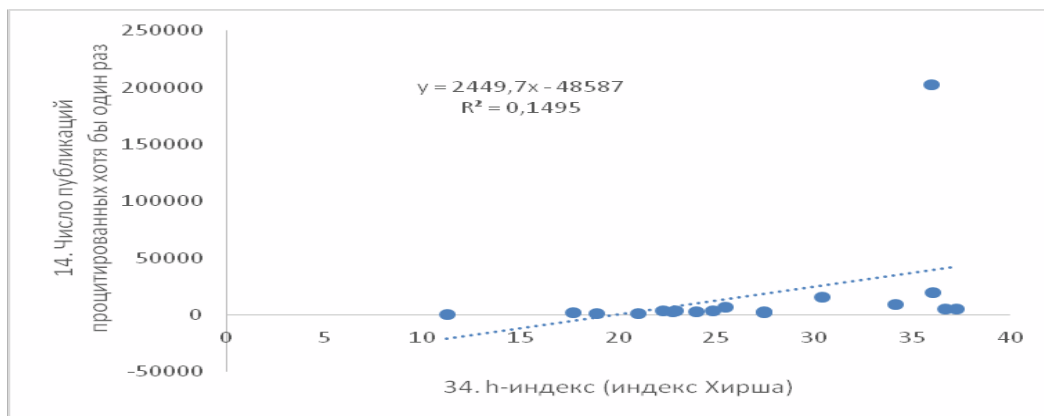
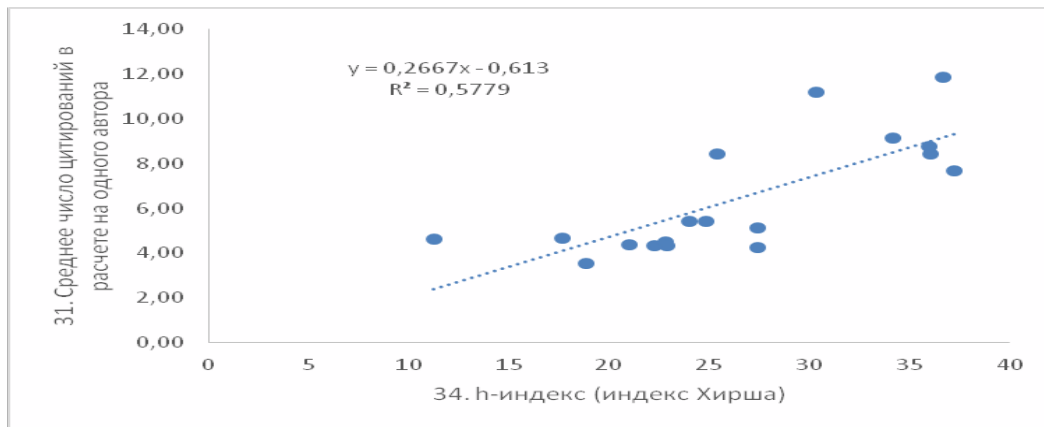
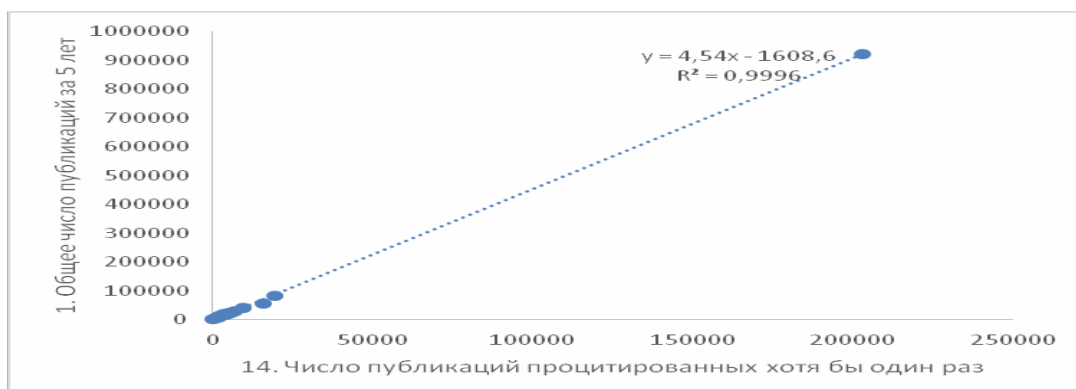


Рис. 3. Уравнения линейной регрессии для пар индикаторов: (34,31); (34,14);(18, 2)
Fig. 3. The equations of linear regression for pairs of indicators: (34,31); (34,14); (18, 2)



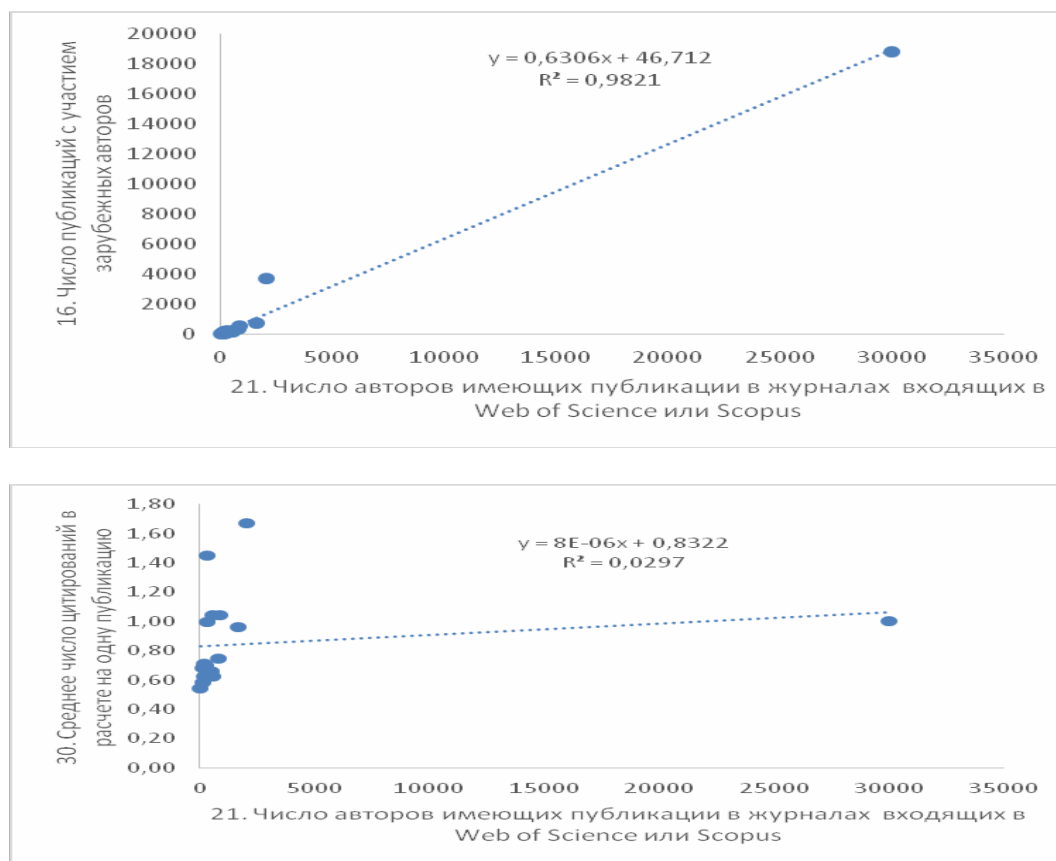


Рис. 4. Уравнения линейной регрессии для пар индикаторов: (14,1); (21,16); (21, 30)
 Fig. 4. The equations of linear regression for pairs of indicators: (14,1); (21,16); (21, 30)

Таблица 6
 Table 6

Уравнения линейной регрессии, соответствующие рисункам 2-4
The equations of linear regression corresponding to figures 2-4

№	(n, m)	Уравнение регрессии	R ²	R
1	2	3	4	5
1	(28, 30)	$y = 3,5883x - 0,3432$	0,6621	0,8134
2	(28, 31)	$y = 29,968x - 3,5101$	0,6659	0,8162
3	(31, 30)	$y = 0,1127x + 0,1223$	0,8814	0,9393
4	(34, 31)	$y = 0,2667x - 0,613$	0,5779	0,7605
5	(34, 14)	$y = 2449,7x - 48587$	0,1495	0,3867
6	(18, 2)	$y = 0,1446x + 14,89$	0,9954	0,9977
7	(14, 1)	$y = 4,54x - 1608,6$	0,9996	0,9998
8	(21, 16)	$y = 0,6306x + 46,712$	0,9821	0,9910
9	(21, 30)	$y = 8E-06x + 0,8322$	0,0297	0,1725

Основные выводы

На примере университетов ЦФО РФ и на основе РИНЦ разработана методология оценки региональной публикационной активности и цитируемости. Она предполагает агрегирование по всем университетам региона данных по их публикационной активности и цитируемости. При этом данные по значениям абсолютных индикаторов суммируются по всем университетам региона, а для относительных индикаторов рассчитываются их средние арифметические значения. Полученные данные нормируются на максимальные значения по выборке и вычисляется среднеарифметический региональный интегральный показатель публикационной активности и цитируемости, изменяющийся в интервале от



нуля до единицы. Это позволяет классифицировать регионы по интервалам изменения значений этого показателя на пять групп. Расчеты проделаны для 15 абсолютных и 7 относительных индикаторов (всего в РИНЦ 36 индикаторов) 18 регионов ЦФО РФ. Показано, что большинство регионов имеют очень низкий уровень публикационной активности и цитируемости. В расчетах без учета г. Москвы лидирующие позиции занимали Московская, Воронежская и Белгородская области.

Для избранных индикаторов публикационной активности и цитируемости построена кросскорреляционная матрица. Показано, что из 231 значения коэффициента парной корреляции 105 значений, или 46% от их общего числа, имели величину меньше 0,5. Хуже всего коррелированы между собой и с другими индикаторами индикаторы под номерами 28-31, вычисленные как средние значения, а также доля внешних цитирований и индекс Хирша.

Список литературы

References

1. Московкин, В.М. Методология оценки и структурного анализа университетской публикационной активности с помощью поисковой машины Google Scholar : На примере Приграничного белорусско-российско-украинского университетского консорциума // Университетское управление: практика и анализ. - 2009. - №2.-С.45-52.

Moskovkin, V. M. Metodologiya of an assessment and structural analysis of university printing activity by means of the search engine Google Scholar: On the example of Border Belarusian-Russian-Ukrainian university consortium//University control: practice and analysis. - 2009. - No. 2. - Page 45-52.

2. Московкин, В.М. Построение кластеров результатов исследований с помощью специализированных инструментов Google // Научная и техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. - 2012. - №8. - С. 9-13.

3. Moskovkin, V. M. Creation of clusters of results of researches by means of specialized tools of Google//the Scientific and technical information. It is gray. 2. Information processes and systems. - 2012. - No. 8. - Page 9-13.

4. Овчинников А. С., Цепляев А. Н., Фомин С. Д. Сравнительный анализ наукометрических показателей ряда вузов региона и РФ //Известия Нижневолжского Агро университетского . – 2013. - № 4 (32) . – С. 1-6.

Ovchinnikov A. S., Tseplyaev A. N., Fomin S. D. Comparative analysis of scientometric indices of a row of higher education institutions of the region and Russian Federation//News of the Lower Volga Agro university. – 2013. - No. 4 (32) . – С. 1-6.

5. Брумштейн Ю.М., Баганина А.А., Ахмедова Р.Р., Горбачева А.Н. Сравнение наукометрических показателей публикационной активности вузов в Прикаспийских регионах России // Управление и высокие технологии. - 2016. - № 1 (33). - С.79-90.

6. Brumstein Yu. M., Baganina A. A., Akhmedov R. R., Gorbachev A. N. Comparing of scientometric indices of printing activity of higher education institutions in Caspian regions of Russia//Control and high technologies. - 2016. - No. 1 (33). - Page 79-90.

7. Демьяненко А. Н., Демьяненко Н. А. О географии экономической науки в Азиатской России //Пространственная экономика. – 2014. - № 4. – С.120-147.

Demyanenko A. N., Demyanenko N. A. About geography of economic science in Asian Russia//Spatial economy. – 2014. - No. 4. – S.120-147.

УДК 331.104

**СТРАТЕГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОЙНОГО ТРУДА
В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДО 2030 ГОДА:
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ АСПЕКТ**

**THE STRATEGY OF DECENT WORK
IN THE ROSTOV REGION TILL 2030:
THE CONCEPTUAL ASPECT**

**Н.В. Романова
N.V. Romanova**

83016, г. Донецк, ул. Челюскинцев, 186а

83016, Donetsk, Cheliuskintsev str., 186a

E-mail: rnv.romanowa@yandex.ru

Аннотация

Рассматриваются концептуальные подходы к определению достойного труда. Акцентируется внимание на важности воплощения принципов концепции достойного труда при разработке и реализации Стратегии обеспечения достойного труда в Ростовской области до 2030 г. Предлагается комплекс мер по реализации стратегических приоритетов достойного труда в Ростовской области, рассматриваются угрозы и возможности ее реализации.

Abstract

Examines conceptual approaches to the definition of decent work. Determined the significance of studying the issues of decent work in the modern economy. The article focuses on the need to achieve high standards of decent work, relevant policy, economic welfare, because it allows you to meet the needs of society, the state and employers. The position is determined relative to the concepts and priorities of decent work, which adheres to the European community. Formulated the main content of the concept of decent work. Decent work (intrinsic definition) is the ability to fully implement the human rights to work in conditions of high efficiency on the principles of equality, security, social partnership and integration of development and human dignity; work, meeting the public requirements and interests of the parties of socio-labour relations conducive to sustainable human development. The essence of "decent work" is considered depending on the orientation of scientific research: economic, social, mental, value, innovative points of view. Highlighted the importance of translating the principles of decent work in developing and implementing Strategies for decent labour in the Rostov region until 2030. The realization of the strategic goal of the research is not a one-time act, but requires a sequential solution of block of tasks, a set of measures which is proposed in the Rostov region. Discusses the threats and opportunities of implementing Strategies for decent labour in the Rostov region until 2030.

Ключевые слова: Достойный труд; развитие; социально-трудовая сфера; стратегия; социально-экономические приоритеты.

Keywords: Worthy work; development; social and labor sphere; strategy; social and economic priorities.

Введение

Стратегическими целями обеспечения социально-экономического развития России во многих нормативных документах провозглашено повышение качества жизни российских граждан, развитие человеческого потенциала, удовлетворение материальных, социальных и духовных потребностей граждан, снижение уровня социального и имущественного неравенства населения, прежде всего, за счет роста его доходов [Указ Президента Российской Федерации, 2015].



Значимость изучения вопросов достойного труда исходит из следующего. Во-первых, достойный труд – это обобщающая характеристика условий использования трудового потенциала. С учетом того, что трудовой потенциал на современном этапе выступает основой национальной экономики, является ведущим фактором производства, трудно переоценить условия, в которых он используется, т. е. достойный труд определяет условия трудовой деятельности в широком смысле. Во-вторых, достойный труд является важнейшим компонентом качества жизни, основой становления провозглашенного в 1993 г. в России социального государства (Конституция Российской Федерации, глава 1, статья 7). Базовыми компонентами социального государства в Конституции выделено «создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека» [Конституция Российской Федерации], что полностью отвечает принципам достойного труда. В-третьих, достойный труд выступает критерием совершенства социально-трудовых отношений, ориентиром при проведении социального диалога по поводу обеспечения благоприятных условий трудовой деятельности, поскольку через эти условия реализуется. В-четвертых, доказана прямая зависимость между уровнями достойности труда и эффективности работы предприятия. В-пятых, усложнение трудовых функций, автоматизация и компьютеризация предприятий выдвинули повышенные требования к работникам, удовлетворить которые можно через обеспечение достойного труда для интеллектуальной, социальной реализации человека, обеспечения инновационной направленности труда. В-шестых, достойный труд объединяет в себе комплексный подход к осмыслению мотивов и ценностей человека труда.

Так, системное виденье трудовых проблем, интересов субъектов социально-трудовых отношений и возможностей их реализации, что обобщенно воплощает категория «достойный труд», позволяет обосновать оптимальные пути развития трудового потенциала, приумножения человеческого капитала, сохранения и накопления национального богатства страны.

Основные результаты исследования

Разработка и реализация региональных стратегий развития России до 2030 г., создание глобальной конкурентоспособности региональной экономики актуализируют современные задачи человеческого развития, что требует обеспечения необходимых для этого условий, среди которых условия использования трудового потенциала, что обобщенно воплощаются в категории «достойный труд», занимают важное место. Именно достойный труд обеспечивает сочетание интересов, часто выступающих как взаимоисключающие: задачи социально-экономического развития, потребностей сторон социально-трудовых отношений и др. Поэтому реализация критериев достойного труда выступает объективной основой обеспечения экономического роста через создание условий для продуктивного, творческого труда, ликвидацию бедности среди работающего населения, достойный уровень защищенности прав и интересов человека труда.

Достижение высоких стандартов достойного труда соответствует политике экономического благополучия, поскольку позволяет удовлетворить потребности общества, государства и работодателей. В большинстве случаев работодатели не понимают важности использования того или другого фактора для обеспечения достойного уровня качества трудовой жизни. Однако необходимо осознать, что совершенствование условий трудовой деятельности касается не только интересов работников, но и работодателей и общества в целом. Во-первых, достижение достойного труда непосредственно повлияет на количественные и качественные показатели производственной деятельности. Благодаря высокой продуктивности труда за одно и то же время будет создаваться большее количество товаров, и, тем самым, снизятся затраты на единицу продукции, закрепятся экономические позиции государства на мировых рынках. Повышение производительности труда обусловит рост заработной платы, что обеспечит надежные предпосылки увеличения прослойки среднего класса, формирование состоятельного общества, создание стимулов для развития

человеческого капитала, предусмотренных основными долгосрочными целями социально-экономического развития России.

Во-вторых, ориентация на достойный труд создаст базу для всестороннего развития личности, увеличения инициативы и рационализаторства на предприятиях, инновационного, научно-технологического развития общества.

В-третьих, обеспечение достойного труда предусматривает создание благоприятных условий труда персонала, что обусловит рост уровня удовлетворенности трудом, снижение травматизма и заболеваемости персонала, уменьшение затрат работодателей на возмещение потери здоровья наемным работникам, улучшение состояния здоровья и повышение среднего возраста жизни населения. Безопасность трудовой деятельности приобретает особенное значение в промышленно развитом южном регионе России.

В-четвертых, реализация мероприятий по достижению критериев достойного труда способствует утверждению идеала справедливости социально-трудовых отношений, улучшению системы социальной защиты работников, повышению уровня социальной активности персонала, усилению социальной ответственности предпринимателей, развитию системы социального партнерства, снижению социальной напряженности в обществе.

Экономические преимущества от внедрения стратегии обеспечения достойного труда должны подтолкнуть работодателя к выполнению роли инициатора мероприятий по совершенствованию условий трудовой деятельности, активного соучастника и контроллера этого процесса.

Целью работы является разработка стратегии обеспечения достойного труда в Ростовской области, интегрированной в стратегию социально-экономического развития России до 2030 г.

Основная часть

Термин «достойный труд» вошел в научный оборот в результате реализации глобальных целей Международной организации труда, хотя проблемы, связанные с содержанием этого понятия, обсуждались на протяжении столетий. Так, ценными в аспекте развития исследований достойного труда выступают работы классиков экономической мысли - М. Вебера, Р. Арона, Дж.К. Гэлбрейта, Э. Дюркгейма, Э. Мэйо, А. Маслоу, Ф. Герцберга, М. Ганта, Ф. и Л. Гилберт, А. Файоля, Д. Макгрегора, Г. Беккера. На сегодня понятие достойного труда не утвердилось окончательно и находится в развитии. Зарубежные ученые Р. Анкер, Ф. Эггер, Ф. Мехран и Дж. Риттер, Д. Бесконд, А. Шатейнье, Ф. Мехран и др. непосредственно исследовали содержание данного понятия и имеют определенные наработки в данной сфере. Развитие отдельных концепций интерпретации понятия «достойный труд» наблюдается в разработках российских ученых Б. Генкина, А.П. Егоршина, А.Л. Жуковой, Р.П. Колосовой, К. Меликьяна, А.А. Платонова, А.И. Рофе, Б. Сухаревского и др. Так, например, известный ученый по вопросам экономики персонала Р.П. Колосова, исследуя проблемы современных трудовых отношений, определяет достойный труд как таковой, который «с уважением воспринимается обществом, удовлетворяет индивида по своим моральным, материальным, качественным, количественным и содержательным характеристикам, не наносит ущерба здоровью и способствует развитию способностей человека» [Колосова, Мироненко, 2008, с. 45]. Достаточно активная научная деятельность по изучению концептуальных основ достойного труда проводится специалистами Академии труда и социально-трудовых отношений под руководством д. э. н., профессора Костина Л.А., в работах которых освещаются проблемы достойного труда и определяются перспективные направления проведения научных исследований в этой сфере, а именно: разработка национальных приоритетов социально-трудовой политики с учетом требований достойного труда, экономическое значение достойного труда и т. д.

Значительный вклад в разработку теоретических и прикладных аспектов достойного труда внесла Международная организация труда, которая предлагает



определять данное понятие как «эффективный труд в хороших и безопасных условиях, дающий работнику удовлетворение, возможность в полной мере проявить свои способности, навыки и мастерство, труд с достойной оплатой и справедливым распределением плодов прогресса, труд, когда права трудящихся защищены» [Доклад МОТ, 2007]. Опыт работы Международной организации труда почти в 140 странах мира свидетельствует, что стратегическая направленность социально-экономической политики стран на расширение возможностей для достойного труда обеспечивает, как правило, устойчивое развитие общества: «странам, которые достигают экономического роста без соответствующего роста качества рабочих мест удается сохранить здоровые экономические показатели. Однако, экономический рост, который идет рука об руку с улучшением достойного труда, как правило, остается устойчивым» [Доклад МОТ, 2014].

Определенной позиции относительно понятия и приоритетов достойного труда придерживается европейское сообщество. Так, полное одобрение и поддержка идеи достойного труда состоялась на 276 Встречи Совета ЕС (Брюссель, 30 ноября - 1 декабря 2006). Отметим, что ЕС определило ориентиром социально-трудовой и экономической политики не внедрение концепции достойного труда, предложенной Международной организацией труда, а достижение принципов так называемой «хорошей работы» в связи с растущей обеспокоенностью о «большем количестве и большом качестве рабочих мест». Европейское сообщество утвердило в 2007 г. новую концепцию «Качество труда и занятости в Европе», которая является олицетворением идей, заложенных в Программе достойного труда МОТ, на более высоком уровне учитывая специфику Европейской социальной модели.

Непосредственно в российском трудовом праве категория достойного труда не нашла своего отражения, хотя следует подтвердить, что сегодня в нашей стране особое внимание уделяется вопросам развития национального рынка труда и выработке эффективной, дееспособной политики занятости, направленной на повышение экономической активности населения, рост числа новых рабочих мест и расширение возможностей для реализации прав человека на достойный труд. Создание условий для достойного труда определено целью государственной социальной политики в Стратегии государственной национальной политики РФ на период до 2025 г. [Стратегия государственной национальной политики РФ, 2012], Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. [Стратегия инновационного развития РФ, 2012], Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года [Концепция демографической политики РФ, 2007], кроме того среди основных направлений развития национальной инновационной, социально-экономической системы этими документами выделено создание условий для улучшения благосостояния человека и обеспечения стабильного экономического роста.

С учетом изложенного выше материала можно сформулировать основное содержание понятия достойного труда. Достойный труд (по сущностному определению) - это возможность всесторонней реализации прав человека на труд в условиях высокой эффективности на принципах равенства, безопасности, социального партнерства и интеграции, развития и человеческого достоинства; трудовая деятельность, отвечающая общественно необходимым требованиям и интересам сторон социально-трудовых отношений, способствующая устойчивому человеческому развитию. Удовлетворение потребностей работника в труде, достижение экономических целей предприятий, определенных государством приоритетов человеческого развития реализуются через обеспечение условий достойного труда. Концепция достойного труда ориентирована на широкие слои населения, прежде всего, на наименее защищенные в аспекте реализации трудового потенциала, что отвечает ключевым направлениям внутренней и внешней политики России [Послание Президента РФ, 2015].

Сущность категории «достойный труд» напрямую зависит от ориентации научных исследований, в контексте которых она рассматривается. В экономически ориентированных исследованиях достойный труд рассматривается как сугубо

микроэкономическая категория, условие наращивания экономического потенциала. С социально-ментальной точки зрения достойный труд выступает в контексте духовного развития общества, определяет уровень занятости населения, возможности устойчивого развития будущих поколений. Ценностный подход интерпретации достойного труда де-факто выходит за пределы рабочего места и охватывает всю совокупность морально-эстетических, культурно-исторических основ деятельности институтов экономики и общества. Инновационность категории предусматривает ее влияние как стимулирующего фактора творческого трудового поведения, инновационного развития бизнес-структур и научно-технического прорыва страны в целом.

Достойный труд является комплексной многомерной категорией, характеризуется широким спектром индикаторов. Своеобразие данной категории заключается в том, что она не может быть оценена отдельными показателями, поэтому для обоснованного измерения проведен анализ проблем обеспечения достойного труда в Ростовской области по таким показателям: оценка и сопоставление структурных компонентов достойного труда в России и в регионе, в промышленности региона; региональные и отраслевые сравнения с использованием методики интегральной оценки, представленной в приложении Б, что дало основание выделить позитивные и негативные тенденции в развитии социально-трудовой сферы территории с позиции возможностей реализации Стратегии обеспечения достойного труда (табл.).

Таблица
Table

Позитивные и негативные тенденции в развитии социально-трудовой сферы Ростовской области с позиции возможностей реализации Стратегии обеспечения достойного труда*
Positive and negative trends in the development of socio-labour sphere of the Rostov region from the perspective of possibilities of realization of the Strategy of achieving decent work*

Позитивные тенденции	Негативные тенденции
<ul style="list-style-type: none"> -устойчивое экономическое развитие; -достаточная бюджетная обеспеченность; -высокий уровень развития человеческого потенциала; -сокращение бедности населения; -низкий уровень социальной напряженности; -высокая предпринимательская активность; -инвестиционная привлекательность региона; -наметившиеся положительные демографические тенденции; -повышенное внимание к охране труда; -выявлены первые проявления формирования социальной ответственности бизнеса; -наиболее проблемные регионы становятся объектами специальных программ. 	<ul style="list-style-type: none"> -высокий уровень занятости в неформальном секторе; -высокая доля работающих бедных; -высокий уровень дифференциации заработной платы работников; -низкий уровень социальной и правовой защищенности работников; -дисбаланс спроса и предложения на рынке труда; -высокая внутрирегиональная дифференциация уровня жизни населения; -неразвитость социального партнерства; -недостаточная осведомленность о концепции Достойного труда специалистов-практиков; -неразработанность методологии региональных исследований; -недостаточность набора учетных единиц в государственной статистике для анализа и мониторинга прогресса, особенно на муниципальном уровне.

* - составлено автором на основе обширного статистического материала и анализа данных социологических опросов, проведенных в ходе исследования.

В развитых зарубежных странах накоплен значительный опыт разработки и реализации региональных стратегий обеспечения достойного труда, которые являются практическим воплощением научных достижений относительно концептуальной сущности данной категории. Но проблема обеспечения достойного труда в западных странах имеет свои ограничения, а модели повышения качества трудовой жизни —



специфические характеристики, обусловленные принципиальными особенностями их социально-экономического развития.

Зарубежные исследования достойного труда имеют практическую направленность на обеспечение эффективности трудовой деятельности на предприятиях. Разработка комплексных программ обеспечения достойного труда в зарубежных странах активно проводилась в 70-80-е гг. XX столетия, современные научные идеи ориентируются преимущественно на развитие прогрессивных форм организации трудового процесса с использованием инновационных технологий, информатизацию рабочих мест.

Изучение литературы по зарубежному опыту управления достойным трудом позволяет сформулировать основные принципы внедрения программ повышения качества трудовой жизни.

Основными принципами системы управления достойным трудом является развитие социального партнерства, производственной демократии на основе обеспечения самоответственности в труде.

Разработка и реализация региональных стратегий развития России до 2030 г., создание глобальной конкурентоспособности региональной экономики актуализируют необходимость разработки Стратегии обеспечения достойного труда в Ростовской области (далее - Стратегия), тем более проведенные научные исследования, выявленные проблемы социально-экономического развития территории позволяют разработать ее модель.

Стратегия определенно структурирована: выделено четыре раздела, соответствующие Прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г., законам стратегического планирования Российской Федерации.

Первый раздел, предлагается изложить как «Общие положения», содержит основные угрозы нереализации Стратегии, цель, объект, предмет, принципы, функции государственного и договорного управления достойным трудом и критерии реализации.

Статистический анализ состояния и тенденций качества трудовой жизни и обобщение практики работы предприятий и организаций Ростовской области в этой сфере позволили выделить реальные угрозы неэффективности реализации Стратегии в направлении обеспечения достойного труда:

- разрушительные тенденции в системе образования и формировании высококвалифицированной рабочей силы, снижение возможностей реализации потребности в получении новых знаний по профессии, специальности через систему повышения квалификации по современным, эффективным методам работы, современной техники и технологии, социально-трудовых прав и гарантий, организации труда производства, менеджмента;

- обесценивание национальной рабочей силы;

- необеспечение условий полноценного воспроизводства рабочей силы, наличие устойчивой задолженности по заработной плате;

- несовершенство системы оплаты труда, потеря мотивации к высокопроизводительному труду;

- рост безработицы; наличие большого удельного веса скрытой безработицы, неэффективная занятость, наличие излишка работников, работа не по специальности;

- низкий уровень производительности труда;

- рост численности незанятого трудоспособного населения в трудоспособном возрасте;

- сокращение спроса на рабочую силу, утрата профессиональных навыков;

- рост демографической и трудовой нагрузки на работающих;

- рост заболеваемости и смертности работающих лиц, рост среди персонала числа хронически больных. Причинами роста числа заболеваемости можно выделить плохую экологию, несовершенные условия труда, отсутствие полноценного отдыха,

невозможности получить качественное медицинское обслуживание, частые стрессы на работе, плохое питание, неблагоприятные жилищные условия и т. д.;

- неудовлетворительное состояние охраны труда, повышенный риск потери здоровья и жизни работающих на производстве через увеличение на рабочих местах вредных и опасных производственных факторов;
- рост несовершенства социально-трудовых отношений из-за преимущественно низкого уровня развитости производственной демократии, недостаточного участия работников в принятии управленческих решений, слабой трудовой грамотности сторон партнерства, наличия трудовых конфликтов;
- рост неэффективности потребностям и интересам работников условий социального развития;
- рост числа неориентированных работников на повышение уровня правовой, экономической и корпоративной культуры.

Стратегия обеспечения достойного труда в Ростовской области должна быть подсистемой в общей системе стратегии социально-экономического развития России до 2030 года. Стратегическими целями должны быть не только достижение определенных социально-экономических показателей, а, прежде всего, координация всех органов исполнительной власти на реализацию стратегических приоритетов.

Объектом Стратегии являются условия использования и развития трудового потенциала.

Предметом Стратегии выступают экономические, социально-трудовые и организационно-управленческие условия трудовой деятельности в регионе.

Цель Стратегии является трехгранной, такой, которая позволяет сбалансировать интересы сторон социально-трудовых отношений, а именно: создание условий для обеспечения рационального использования и развития трудового потенциала, духовного, физического, интеллектуального развития человека в труде, реализация экономической стратегии территории. Для характеристики цели Стратегии используется понятие «экономической эффективности достойного труда», т. е. достижения регионом высоких экономических результатов посредством управления условиями трудовой деятельности; «социальная эффективность достойного труда» - уровень эффективности условий социального развития трудового потенциала.

Реализация стратегической цели выступает не одноразовым актом, а требует последовательного решения блока задач:

- обеспечение благоприятных условий труда, снижение производственного травматизма;
- разработка и реализация комплексных целевых программ по охране труда;
- определение и реализация приоритетов социального развития трудового потенциала;
- повышение уровня жизни и социальной защищенности работников;
- создание на предприятиях учреждений (психологических центров) для решения социальных проблем работников;
- создание информационно-консультационных центров для предоставления правовой и информационной помощи;
- создание программ по стимулированию профессионального и творческого развития персонала;
- внедрение новых видов оборудования на рабочих местах;
- совершенствование организации труда.

При выполнении задач необходимо учесть интересы:

- работника (возможности профессионального роста, удовлетворенность трудом, охрана труда, условия труда, уровень заработной платы, психологический климат в коллективе)



-работодателя (эффективность труда, трудовая и производственная дисциплина, текучесть кадров, отождествление целей работника с целями работодателя и др.):

-общества (рост ВВП, материального благополучия, наличие социальных гарантий для работников и их иждивенцев, социальная адаптация, продуктивная занятость и др.),

Обеспечение достойного труда предусматривает повышение содержательности труда, развитие тех характеристик трудового потенциала, позволяющих работодателям более эффективно использовать интеллектуальные, творческие организаторские, моральные способности человека.

Основными принципами достойного труда являются:

-принцип содержательности – работа должна быть интересной, т. е. характеризоваться высоким уровнем организации и включать творческие элементы. Совершенствование организации и условий труда предусматривает рост удовлетворенности трудом посредством расширения круга трудовых функций, предоставления большей самостоятельности персонала, создание условий для самосовершенствования. Повышение содержательности труда требует постоянного мониторинга уровня доверия персонала руководству, эффективность кадровой политики;

-принцип справедливости предусматривает соблюдение справедливости в условиях и оплате труда. Уровень дохода работника должен учитывать принятые в данном обществе (государстве) стандарты обеспеченности и состоятельности;

-дифференцированный подход к оплате разных категорий, профессий и групп занятых, который гарантирует повышение качества трудовой жизни путем изменений уровня и вида материального стимулирования в зависимости от условий, которые изменяются, обязательных отчислений на социальное страхование и льгот, что устанавливаются предприятиями;

-принцип безопасности – работа должна осуществляться в безопасных и здоровых условиях труда. Условия труда должны включать не только минимизацию вероятности профессионального заболевания и травматизма, но и сокращение рабочего времени, особых требований к условиям труда отдельных категорий занятых;

-принцип суверенитета и автономии – присмотр со стороны руководства должен быть минимальным, но осуществляться постоянно, всегда, когда в нем возникает необходимость;

-принцип открытости – обеспечение возможности использования работниками социально-бытовой инфраструктуры предприятия, получения необходимой информации относительно условий трудовой деятельности;

-принцип производственной демократии и общей солидарности означает участие работников в принятии решений касательно их работы и интересов, взаимопомощь членов коллектива, возможности профессионального роста и развития дружеских взаимоотношений с коллегами;

-принцип законности – обеспечение гарантий занятости, соблюдение конституционно определенных прав и свобод;

-принцип согласованности – установление гармоничной связи между работой и социальной средой;

-принцип социального партнерства – согласованность интересов работодателя, работника и общества при обеспечении достойного труда с использованием договорных норм законодательства, консультаций;

-принцип самоответственности в труде, социотехнической оптимизации труда – повышение ответственности персонала за результаты труда, оптимизация социальной и технической сферы труда.

Критериями достойного труда выступают:

-соблюдение прав и свобод человека, обеспечение стандартов достойного качества трудовой жизни;

-совершенство санитарно-гигиенических условий труда;

-баланс интересов работника, работодателя и государства, их взаимная ответственность;

-обоснованная интенсивность и содержательность труда;

-отсутствие (снижение) нарушений в сфере социально-трудовых отношений;

-благоприятный социально-психологический климат в коллективе;

-наличие равных стартовых возможностей трудоустройства, профессионального, карьерного роста;

-развитие и эффективное использование персонала;

-продуктивная занятость;

-эффективная система мотивации и стимулирования труда;

-развитие производственной демократии;

-развитие системы социально-консультационной помощи работникам;

-высокий уровень материальной обеспеченности работников и организации труда;

-рост уровня удовлетворенности работников своей работой, трудовой жизнью;

-реализация конституционных гарантий относительно размеров минимальной заработной платы, социальных выплат и помощи на уровне не ниже законодательно установленного прожиточного минимума.

Функции управления достойным трудом определяются прежде всего его целями.

Основными функциями обеспечения высокого качества трудовой жизни являются:

регулирующая:

-регулирование социально-трудовых отношений, управление производственными конфликтами, социально-психологическая диагностика.

защитная:

-создание механизма защиты работников от возможных нарушений их прав и свобод, опасных условий труда, профессионального заболевания, травматизма и т. д.;

-осуществление социальной политики через реализацию социальных программ;

-соблюдение требований психофизиологии, эргономики труда, технической эстетики;

-охрана труда и техники безопасности, охрана окружающей среды.

развивающая:

-развитие трудового потенциала – профессиональная ориентация, профессиональная подготовка персонала, переподготовка и повышение квалификации персонала, адаптация новых работников, оценка кандидата на вакантную должность, текущая периодическая оценка кадров, организация рационализаторства и изобретательства, реализация деловой карьеры и служебно-профессионального продвижения, организация работы с кадровым резервом.

стимулирующая:

-управления мотивацией поведения персонала, тарификация трудового процесса, разработка систем оплаты труда, разработка форм участия персонала в прибыли и капитале, разработка форм морального поощрения;

-организация нормативно-методического обеспечения системы управления персоналом.

социальная:

-организация системы социального обеспечения;

-управление жилищно-бытовым обслуживанием;

-развитие культуры труда и физического воспитания.

административная:

-контроль за соблюдением прав и свобод работников, реализацией договорных норм, востребование ответственности за несоблюдение принятых норм трудового законодательства.

Во втором разделе Стратегии предлагаем выделить специфические мероприятия для достижения стратегических ориентиров в обеспечении достойного труда.



В третьем разделе Стратегии содержатся направления и мероприятия по обеспечению достойного труда. На основе теоретических обобщений, результатов анализа относительно развития трудовой сферы с учетом проведенного социологического исследования определены и обоснованы мероприятия региональной политики в сфере обеспечения достойного труда, которые сгруппированы по приоритетным направлениям:

-повышение материальной обеспеченности, ликвидация бедности среди работающих, реализация стимулирующей функции заработной платы;

-обеспечение реализации законодательно признанных прав человека в труде, усиление государственного контроля за соблюдением трудового законодательства;

-повышение уровня безопасности условий труда, ликвидация производственных рисков, обеспечение благоприятных условий сохранения здоровья и трудоспособности;

-создание равных стартовых возможностей граждан в профессиональном развитии, карьерном росте, обеспечение условий для интеллектуального развития, инновационной активности;

-развитие социальной инфраструктуры предприятий, системы социальной адаптации работников к эффективному функционированию в рыночных условиях, расширение возможностей жизнеобеспечения занятых;

-повышение социальной ответственности региона, бизнеса, работающих, самоответственности в труде, развитие социального партнерства и производственной демократии;

-усиление действенности и повышение качества договорного обеспечения социально-трудовых отношений, реализация защитных функций профсоюзных органов.

Воплощение принципов достойного труда в России требует адекватной реализации системы управления этим процессом, на что акцентирует внимание Четвертый раздел Стратегии. Система управления достойным трудом определяется совокупностью элементов, которые являются взаимосвязанными, взаимозависимыми, взаимосогласованными, взаимообусловленными и позволяют достичь основных направлений внешней и внутренней политики государства, выделенных как ориентиры в Послании Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 03.12.2015 г. [5]. Функционирование данной системы обеспечивается взаимодействием элементов механизма реализации стратегии достойного труда.

Основные выводы

Таким образом, выложенные теоретические положения по разработке и внедрению в Ростовской области Стратегии обеспечения достойного труда придают системности механизму управления этим процессом и определяют эффективность его реализации. Важным является обеспечение в регионе внедрения приоритетных направлений обеспечения достойного труда, соблюдение принципов эффективного управления качеством трудовой жизни, что является условиями достижения целей человеческого развития.

Список литературы References

1. Доклад Международной организации труда «Мир труда в 2014 году: разработка задач» // http://www.ilo.org/global/research/global-reports/world-of-work/2014/WCMS_243961/lang-en/index.htm

The report of the International Labour Organization "A professional life in 2014: development of tasks"//http://www.ilo.org/global/research/global-reports/world-of-work/2014/WCMS_243961/lang-en/index.htm

2. Доклад МОТ. Укрепление потенциальных возможностей МОТ по оказанию содействия государствам-членам в достижении целей Организации в контексте глобализации 2007 г. // <http://www.ilo.org/public/russian/standards/relm/ilc/ilc96/-pdf/rep-v.pdf>.



Report of the ILO. Strengthening of potential opportunities of the ILO for rendering assistance to member states in achievement of the objectives of the Organization in the context of globalization of 2007. // <http://www.ilo.org/public/russian/standards/relm/ilc/ilc96/-pdf/rep-v.pdf>

3. Конституция Российской Федерации // <http://www.constitution.ru/10003000/10003000-3.htm>
 Constitution of the Russian Federation // <http://www.constitution.ru/10003000/10003000-3.htm>

4. Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года – Собрание законодательства Российской Федерации, 2007. - №42. – ст. 5009.

The concept of population policy of the Russian Federation for the period till 2025 – Russian Federation Code, 2007. - No. 42. – Art. 5009.

5. Послание Президента Российской Федерации Федеральному к Собранию Российской Федерации от 03.12.2015 г. «О положении в стране и основных направлениях внутренней и внешней политики государства» // <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?searchres=&bpas=cd00000&a3=&a3type=1&a3value=&a6=&a6type=1&a6value=&a15=&a15type=1&a15value=&a7type=1&a7from=&a7to=&a7date=&a8=&a8type=1&a1=&a0=%E4%EE%F1%F2%EE%E9%ED%FB%E9+%F2%F0%F3%E4&a16=&a16type=1&a16value=&a17=&a17type=1&a17value=&a4=&a4type=1&a4value=&a23=&a23type=1&a23value=&textpres=&sort=7&x=87&y=17>

The message of the President of the Russian Federation Federal to the Meeting of the Russian Federation from 12/3/2015. "About position in the country and the main directions of domestic and foreign policy of the state"// <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?searchres=&bpas=cd00000&a3=&a3type=1&a3value=&a6=&a6type=1&a6value=&a15=&a15type=1&a15value=&a7type=1&a7from=&a7to=&a7date=&a8=&a8type=1&a1=&a0=%E4%EE%F1%F2%EE%E9%ED%FB%E9+%F2%F0%F3%E4&a16=&a16type=1&a16value=&a17=&a17type=1&a17value=&a4=&a4type=1&a4value=&a23=&a23type=1&a23value=&textpres=&sort=7&x=87&y=17>

6. Современный рынок труда и трудовые отношения: актуальные проблемы и эмпирические исследования. Сборник трудов / Под ред. Р.П.Колосовой, А.Н.Мироненко. – М.: ТЕИС, 2008. – 102 с.

Modern labor market and labor relations: urgent problems and empirical researches. The collection of works / Under the editorship of R. P. Kolosova, A. N. Mironenko. – M.: TEIS, 2008. – 102 pages.

7. Стратегия государственной национальной политики РФ на период до 2025 годаю – Собрание законодательства Российской Федерации, 2012. - №52. – ст. 7477.

The strategy of the state national policy of the Russian Federation for the period till 2025 I guess – the Russian Federation Code, 2012. - No. 52. – Art. 7477.

8. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года – Собрание законодательства Российской Федерации, 2012. - №1. – ст. 216.

The strategy of innovative development of the Russian Federation for the period till 2020 – Russian Federation Code, 2012. - No. 1. – Art. 216.

9. Указ Президента Российской Федерации №683 от 31 декабря 2015 года «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?searchres=&bpas=cd00000&a3=&a3type=1&a3value=&a6=&a6type=1&a6value=&a15=&a15type=1&a15value=&a7type=1&a7from=&a7to=&a7date=&a8=&a8type=1&a1=&a0=%E4%EE%F1%F2%EE%E9%ED%FB%E9+%F2%F0%F3%E4&a16=&a16type=1&a16value=&a17=&a17type=1&a17value=&a4=&a4type=1&a4value=&a23=&a23type=1&a23value=&textpres=&sort=7&x=87&y=17>

The decree of the President of the Russian Federation No. 683 of December 31, 2015 "About the Strategy of national security of the Russian Federation"// <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?searchres=&bpas=cd00000&a3=&a3type=1&a3value=&a6=&a6type=1&a6value=&a15=&a15type=1&a15value=&a7type=1&a7from=&a7to=&a7date=&a8=&a8type=1&a1=&a0=%E4%EE%F1%F2%EE%E9%ED%FB%E9+%F2%F0%F3%E4&a16=&a16type=1&a16value=&a17=&a17type=1&a17value=&a4=&a4type=1&a4value=&a23=&a23type=1&a23value=&textpres=&sort=7&x=87&y=17>

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

PUBLIC AND BUSINESS FINANCE

УДК 336.648

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИНАНСОВОГО МЕХАНИЗМА НА ОСНОВЕ ЛИЗИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАКУРСЕ ЭКОЛОГИЗАЦИИ

FORMATION OF SYSTEM OF INDICATORS OF THE FINANCIAL MECHANISM ON THE BASIS OF LEASING ACTIVITIES FROM THE PERSPECTIVE OF GREENING

Н.В. Грызунова, И.А. Киселева
N.V. Gryzunova, I.A. Kiseleva

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,
Россия, 117997, Российская Федерация, г. Москва, Стремянный пер., 36

Russian University of Economics named after G. V. Plekhanov, Russia, 117997,
Russian Federation, Moscow, Stremyanny lane, 36,

E-mail: nat-nnn@yandex.ru,

E-mail: kia1962@list.ru

Аннотация

В настоящее время существует избыток накоплений организаций, которые создают диспропорции между учетной ставкой и ценами денежного рынка. В работе говорится об использовании инструмента финансового механизма – лизинге. Лизинговая сделка – это долгосрочные инвестиции. Достижение эффективности лизинговой сделки – это залог повышения эффективности функционирования предприятия в целом в долгосрочном периоде. Финансово-экономические признаки, характеризующие лизинг, являются одновременно инструментом преодоления конфликта интересов.

Abstract

Currently there is an excess of savings associations, which would create a disparity between the discount rate and the prices of the monetary market. The work mentions the use of a tool of the financial mechanism - leasing. The lease deal is a long term investment. The effectiveness of a leasing transaction is the key to improve the efficiency of the whole enterprise in the long term. Financial and economic characteristics characterizing the lease are both a tool of overcoming of conflict of interests.

Ключевые слова: фондоотдача, эластичность, эффективность, консалтинг, лизинг, финансовая политика, финансовый механизм, налоги

Key words: capital productivity, flexibility, efficiency, consulting, leasing, financial policy, financial mechanism, taxes.

Введение

В процессе обеспечения устойчивого развития региональных социально-экономических систем в современных условиях значительная роль принадлежит финансовым рискам. В 2015 г. основными факторами, сдерживающими деловую активность организаций обрабатывающих производств, были названы: недостаточный спрос на внутреннем рынке (54%), высокий уровень налогообложения (40%), высокий процент коммерческого кредита (40%) и недостаток финансовых средств (39%) по данным Федеральной службы государственной статистики. Таким образом, большая часть

предпринимателей связывает свои сложности финансово-экономической деятельности со значительными финансовыми проблемами. Отсюда возникает актуальность и необходимость управления финансовыми рисками.

В данной статье представлен анализ финансовых рисков, присущих субъектам Российской Федерации. Определены концептуальные подходы и система управления финансовыми рисками в регионе.

Основные результаты исследования

Процесс управления финансовыми рисками инвестиционных процессов в регионе имеет свои особенности, обусловленные тем, что имеет место более значительный перечень факторов риска по сравнению с традиционными бизнес-процессами. Кроме того, факторы финансового риска инвестиционных процессов имеют специфический характер на микро-, мезо- и региональном уровне.

Финансовые риски чаще всего подразделяются на две группы: связанные с покупательной способностью денег (инфляционные, валютные, ликвидности) и с вложением капитала (инвестиционные). В свою очередь, инвестиционные риски могут подразделяться на: риски упущенной выгоды, снижения доходности, прямых финансовых потерь. Финансовые риски могут возникать в связи с непредвиденными изменениями в затратах, доходности, стоимости и структуре капитала, финансовой устойчивости и др. [10, с. 3-8].

Инвестиционные процессы, как правило, нацелены на модернизацию процесса производства, внедрение новаций, совершенствование технологических процессов, создание производства новых видов продукции и т. д. В этой связи возникает ряд вопросов, на которые часто невозможно однозначно дать четкие ответы. В первую очередь это касается выбора идеи, на реализацию которой предполагается вкладывать средства, источников привлечения и использования финансовых средств, ожидаемого покупательского спроса и др. В то же время необходимо отметить, что в значительной степени на характер проявления рисков на микро- и мезоуровнях оказывают макроэкономические факторы риска: валютный курс, риск инфляции, развитие финансового законодательства, система поддержки на федеральном уровне и др. [1, с. 25-31].

Таким образом, финансовые риски имеют множество видов и факторов угроз для инвестиций в регионе. Инвестиционный процесс постоянно подвергается воздействию финансовых рисков, которые несут в себе потенциал изменения его параметров в худшую сторону. В этой связи, проекция финансовых рисков на микро- и мезоуровнях обуславливает необходимость не только учета рисков при управлении инвестиционным процессом, но и выделения в региональной системе управления отдельной подсистемы, выполняющей функции прогнозирования, оценки, мониторинга и управления финансовыми рисками.

Необходимость управления финансовыми рисками требует обеспечения согласованных действий субъектов управления и учета единых принципов управления финансовыми рисками: осознанности принятия решений, объективности оценки рисков, корректировки оценки рисков при изменении условий, независимости управления отдельными рисками, сопоставимости уровня риска с доходностью инвестиций, учет временного фактора, системность, сочетание текущего и стратегического управления рисками, многовариантность страхования рисков. Соблюдение вышеизложенных принципов, на наш взгляд, позволит с большей гарантированностью добиться эффективных результатов в управлении финансовыми рисками [9, с. 140-149].

Наряду с принципами управления, важное значение имеет оценка рисков, которая представляет собой совокупность аналитических мероприятий, позволяющих спрогнозировать возникновение ситуации, способной принести ущерб (убыток) либо дополнительный доход для соответствующей экономической системы.

При всем многообразии методов и особенностей инвестирования, правильный выбор методов оценки финансового риска позволяет уменьшить число ошибок, ограничивает иррациональную деятельность.



Исходя из разных условий применимости тех или иных методов, отдельные специалисты предлагают их разделить на пять базовых групп: уточнение эффективности, расчет чувствительности, вероятностно-статистические, имитационные, исследование операций [3, с. 99; 2, с. 93]. По нашему мнению, такой подход не полностью отражает особенности методов каждой группы. Поэтому мы разделяем позицию авторов, которые классифицируют методы, используя изначально общие критерии, а затем предлагают детализацию методов на основе конкретных критериев. Большинство авторов выделяют два этапа оценки риска: качественный и количественный.

Задачей качественного этапа оценки риска является выявление источников и причин риска, этапов и работ, при выполнении которых возникает риск. Данный этап в основном используется в условиях невозможности применить количественную оценку. В то же время достоинством качественного анализа выступает возможность на начальном этапе оценить степень рискованности по составу рисков и уже на этом этапе отказаться от реализации определенного решения.

Итоговые результаты качественной оценки финансового риска, в свою очередь, служат исходной информацией для проведения количественной оценки. В отличие от методов качественной оценки рисков, методы количественной оценки позволяют вычислять числовые значения величин отдельных рисков, размер возможного ущерба и стоимостную оценку от проявления риска и выработать систему антирисковых мероприятий.

Величина риска может быть измерена двумя критериями: среднее (математическое) ожидаемое значение, колеблемость (изменчивость) возможного результата.

В большинстве случаев выделяют пять основных областей риска:

- безрисковая (коэффициент риска равен 0, отсутствие каких-либо потерь);
- минимального риска (до 0,25);
- повышенного риска (0,251–0,50);
- критического риска (0,51–0,75);
- недопустимого риска (0,75 и более).

Основываясь на исследованиях Рейтингового агентства «Эксперт РА», в 1996-2000 гг. в России уровень рисков находился в критической, 2001-2012 – повышенной, 2013 г. – минимальной, 2014-2016 гг. – повышенной зонах. В то же время уровень риска в отдельных субъектах федерации в 2015-2016 гг. демонстрировал существенную вариацию от зоны минимального до зоны критического риска. Более подробно исследуем динамику и уровень рисков в регионах России (таблица 1) [8].

На основе данной таблицы можно сделать следующие выводы. Во-первых, больше всего субъектов федерации находится в зоне повышенного риска, меньше всего – в зоне критического риска.

Во-вторых, положительно, что в 2016 г. в большинстве регионов произошло снижение инвестиционных рисков по сравнению с 2015 г. Это свидетельствует о наличии положительных тенденций в инвестиционной сфере, адаптации к внешним неблагоприятным факторам, а также проведении действенных мероприятий со стороны региональных органов власти по управлению инвестиционными рисками.

В-третьих, уменьшилось число регионов, находящихся в зоне критического риска за счет Республики Дагестан, которая перешла в зону с повышенным уровнем риска и его значение снизилось в 2016 г. по сравнению с 2015 г.

В-четвертых, в наиболее худшем положении оказались республики Тыва и Ингушетия, у которых демонстрируется зона критического риска с повышением его значения инвестиционного риска.

Основываясь на ранее представленных основных принципах управления и методах оценки финансовых рисков, необходимым представляется формирование специальной политики управления финансовыми рисками на всех уровнях управления.

Политика управления финансовыми рисками представляет собой часть общей финансовой стратегии субъекта управления, заключающаяся в разработке системы



мероприятий по нейтрализации возможных негативных финансовых последствий, связанных с осуществлением различных аспектов деятельности инвесторов. По нашему мнению, исходя из заявленных принципов управления финансовыми рисками, представляется целесообразным включать в политику управления финансовыми рисками мероприятия по интеграции управления, мониторингу и обеспечению непрерывности оценки рисков.

Таблица 1
Table 1

Зоны и динамика уровней инвестиционного риска в субъектах Российской Федерации в 2015-2016 гг.
Zone dynamics and levels of investment risk in regions of the Russian Federation in 2015-2016

Динамика риска	Зона риска		
	Минимальная	Повышенная	Критическая
Повышение (+)	Республика Башкортостан, г. Санкт-Петербург, Ханты-Мансийский автономный округ, Владимирская, Новосибирская, Томская области	Приморский, Забайкальский край, Марий-Эл, Мордовия, Кабардино-Балкарская, Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область, г. Севастополь, Смоленская, Орловская, Ивановская, Курганская области	Пермский, Республики Ингушетия, Адыгея, Чукотский автономный округ, Республика Тыва
Снижение (-)	Краснодарский, Хабаровский, Ставропольский, Алтайский край, Республики Татарстан, Чувашская Республика, г. Москва, Рязанская, Пензенская, Самарская, Ростовская, Тамбовская, Липецкая, Ленинградская, Московская, Курская, Тульская, Тюменская, Нижегородская, Оренбургская, Омская, Свердловская, Ярославская, Новгородская, Брянская, Челябинская, Амурская, Сахалинская области	Красноярский, Камчатский край, Республики Саха (Якутия), Крым, Коми, Хакасия, Карелия, Бурятия, Алтай, Калмыкия, Карачаево-Черкесская, Северная Осетия, Чеченская, Дагестан, Удмуртская, Кемеровская, Ямало-Ненецкий автономный округ, Калининградская, Тверская, Саратовская, Кировская, Иркутская, Вологодская, Ульяновская, Волгоградская, Псковская, Астраханская, Костромская, Архангельская, Мурманская, Магаданская области	

Важно также отметить, что политика по управлению финансовыми рисками должна иметь две основные составляющие:

- внутреннюю политику региона по резервированию, диверсификации, контроллингу и мониторингу финансовых рисков;
- внешнюю политику региона по сотрудничеству с различными структурами по управлению финансовыми рисками (федеральными органами государственной власти, партнерами, другими субъектами федерации и т. д.).

Немаловажным при инвестировании является разработка инвестиционных проектов в трех вариантах: оптимистическом, наиболее вероятностном и пессимистическом. Мерой риска является коэффициент вариации чистого дисконтированного дохода. Такой подход изначально позволяет реализовывать инвестиционный проект с акцентом на оптимистический сценарий и с ориентацией на получение наибольшей прибыли, а по мере наступления неблагоприятных условий переходить на другие сценарии.

Что касается управления финансовыми рисками инвестиционных процессов на региональном уровне, то в научной литературе и в реальной практике этому вопросу уделяется недостаточное внимание. Региональные риски могут быть вызваны диспропорциями финансовых потоков в разрезе отраслей региональной экономики, которые в свою очередь могут приводить к взаимной задолженности коммерческих организаций, убыточности отдельных отраслей, высокой стоимости кредитов, ухудшению региональных показателей социально-экономического развития и др.

Наряду с этим, финансовые риски на региональном уровне могут быть вызваны неэффективностью государственного регулирования, которое может привести к росту затрат, ограничению доступа к ресурсам, удлинению сроков инвестиционных процессов, недостатку или субъективности информации и др. Управление этими рисками обуславливает соответствующий инструментарий, который с развитием экономических отношений может расширяться и изменять характер управляющего воздействия на возникающие финансовые риски. Наиболее эффективными инструментами управления финансовыми рисками на региональном уровне нам представляются: государственная поддержка внедрения технологических инноваций в регионе, формирование институциональной среды (институтов развития, системы страхования и кредитования), инвестиции в развитие инвестиционной, социальной и производственной инфраструктуры региона, анализ и прогнозирование рисков, формирование организационных структур по управлению финансовыми рисками, доступность к услугам инвестиционной инфраструктуры, размещение госзаказов и др. [12, с. 69-77].

Эффективность использования методов и инструментов управления финансовыми рисками в значительной степени зависит от организации процесса риск-менеджмента, применяемой концепции управления. Несмотря на разнообразие выделяемых экономистами этапов построения систем риск-менеджмента, можно выделить основные из них: выявление источников и причин рисков, идентификация рисков, оценка рисков, выбор методов воздействия на риск, применение выбранных методов, контроль и корректировка риск-менеджмента. В более детализированном виде, по нашему мнению, система управления финансовыми рисками должна включать этапы, отраженные на рисунке 1. [7, с.232-242].

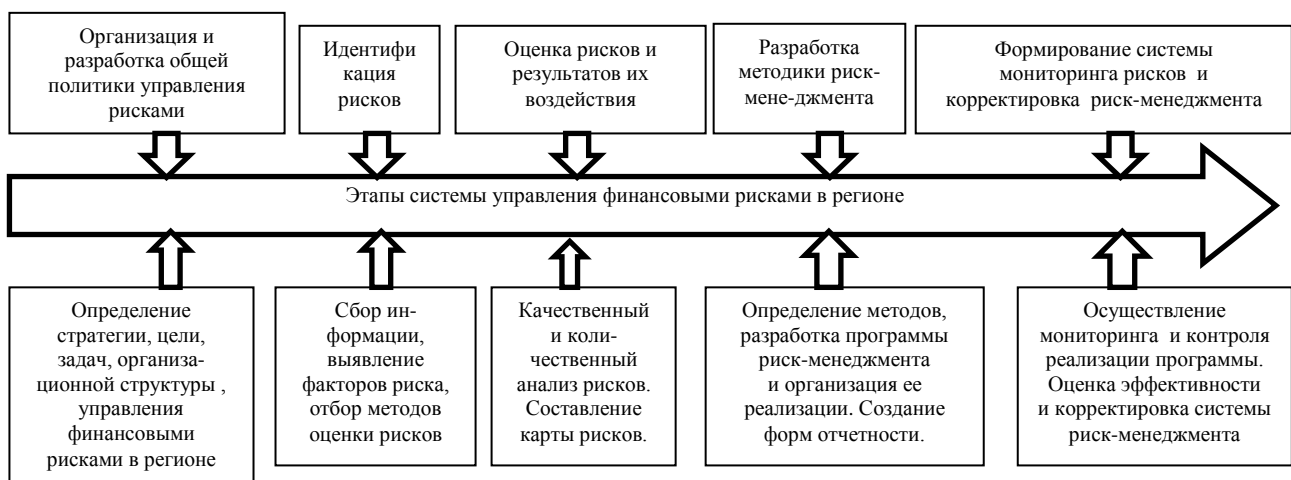


Рис. 1. Система управления финансовыми рисками в регионе

Fig. 1. The system of financial risk management in the region

Не последнее место в ряду факторов, оказывающих влияние на выбор методов управления финансовыми рисками, занимают концепции риск-менеджмента [4, с. 384-387]. Эволюция концептуальных подходов к риск-менеджменту отражена в таблице 2.



Таблица 2
Table 2

Основные отличия традиционной и современной концепций риск-менеджмента
The main differences between traditional and modern concepts of risk management

Отличительные признаки концепций	Основные концептуальные подходы	
	Традиционный	Современный
Степень воздействия на риски	Фрагментарный, несистемный характер управления рисками	Интегрированный, системный подход к управлению рисками
Время воздействия на риски	Эпизодический риск-менеджмент	Непрерывный риск-менеджмент
Масштабы воздействия на риски	Ограниченный круг управляемых рисков	Расширенный круг управляемых рисков
Модели управления рисками	Пассивная модель риск-менеджмента	Активная модель риск-менеджмента
Стратегические цели	Сохранение стоимости компании за счет избежания финансовых потерь	Повышение стоимости компании за счет минимизации рисков
Методы анализа рисков	Статистические методы	Статистические, аналитические, интегральные методы
Инструментарий риск-менеджмента	Инструменты корпоративного уровня	Инструменты корпоративного, регионального и странового уровня
Организационные структуры управления рисками	Риск менеджмент реализуется в рамках существующих структур управления компаниями и регионами	Создаются специальные подразделения по риск-менеджменту в компаниях и регионах

Основные выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что управление финансовыми рисками должно носить системный, комплексный, непрерывный характер и обеспечивать безопасность функционирования как отдельных компаний, так и социально-экономической системы региона в целом. Выбор конкретных методов зависит от характера риска, размера возможных убытков, характера инвестирования и др. В любом случае выбор инструментария управления финансовыми рисками в обеспечении наиболее благоприятных условий в достижении поставленных целей должен исходить из экономической целесообразности тех или иных инструментов в конкретных условиях, что требует обоснованности действий по их определению и использованию.

Список литературы
References

1. Бородин А.И., Ченцов А.С. Сравнительный анализ показателей экономического и социального развития регионов // Вестник Удмуртского университета. Серия 2: Экономика и право. 2015. № 2. С. 25-31.
Borodin A. I., Chentsov A. S. Comparative analysis of indicators of economic and social development of regions//Bulletin of the Udmurt university. Series 2: Economy and right. 2015. No. 2. Page 25-31.
2. Буянов В.П. Рискология (управление рисками): Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. / В. П. Буянов., К. А. Кирсанов, Л. М. Михайлов– М.: Издательство «Экзамен». 2003. 384 с.
V. P. Riskology's (risk management) brawlers: Manual. – 2nd prod., испр. and additional / V. of P Brawlers., K. A. Kirsanov, L. M. Mikhaylov – M.: Ekzamen publishing house. 2003. 384 pages.
3. Грачева М.В. Риск-менеджмент инвестиционного проекта: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям [текст] / под ред. М.В. Грачевой. - М.: ЮНИТИ – ДАНА. 2009. - 544 с.
Gracheva M. V. Risk management of the investment project: the textbook for students of higher education institutions, students on economic specialties [text] / under the editorship of M. V. Gracheva. - M.: UNITY – it is GIVEN. 2009. - 544 pages.



4. Каточков Е.В. Основные концептуальные подходы в развитии риск-менеджмента организации / Е.В. Каточков, Г.Л. Багиев // Проблемы современной экономики. 2011. № 2 (38). С. 384-387.
- Katochkov E. V. The main conceptual approaches in development of a risk management of organization / E.V. Katochkov, G. L. Bagiyev // Problems of modern economy. 2011. No. 2 (38). Page 384-387.
5. Каплина А.В. Финансовая составляющая процесса управления кластерными инициативами в системе региональной экономики. // Финансовые исследования. 2013. №4(41). С. 80–88.
- Kaplina A. V. A financial component of process of management of cluster initiatives in system of regional economy. // Financial researches. 2013. No. 4(41). Page 80-88.
6. Маннапов Р.Г. Организационно-экономический механизм управления регионом: формирование, функционирование, развитие: монография / Р.Г. Маннапов, Л.Г.Ахтариев. М.: КНОРУС, 2008. 352 с.
- Mannapov R. G. Organizational and economic mechanism of management of the region: formation, functioning, development: monograph / R. G. Mannapov, L. G. Akhtariyev. M.: KNORUS, 2008. 352 pages.
7. Погодина Т.В. Аналитическая система идентификации и прогнозирование финансовых рисков в регионе (на примере Калужской области) / Т.В. Погодина Т.Е.И. Костина // Научное обозрение. 2013. № 6. С. 232-242.
- Pogodina T. V. Analytical system of identification and forecasting of financial risks in the region (on the example of the Kaluga region) / T. V. Pogodina of E. I. Koston's T//the Scientific review. 2013. No. 6. Page 232-242.
8. Рейтинговое агентство «Эксперт РА» [Электронный ресурс]: офиц.сайт. URL: <http://raexpert.ru>
- Expert RA rating agency [An electronic resource]: офиц.сайт. URL: <http://raexpert.ru>
9. Стрельцова Е.Д., Бородин А.И., Ченцов А.С. Методические подходы при оценке ресурсной эффективности инвестиций в регионе // Вестник Самарского государственного университета. Гуманитарная серия. 2014. № 2(113). С. 140-149.
- Streltsova E. D., Borodin A. I., Chentsov A. S. Methodical approaches at an assessment of resource efficiency of investments in the region//the Bulletin of the Samara state university. Humanitarian series. 2014. No. 2(113). Page 140-149.
10. Сорочайкин А. Н., Бородин А.И. Классификация и оценка экологических рисков // Вестник Таджикского национального университета. Серия: Экономические науки. 2014. № 2/3 (135). С. 3-8.
- Sorochaykin A. N., Borodin A.I. Classification and assessment of environmental risks//Bulletin of the Tajik national university. Series: Economic sciences. 2014. No. 2/3 (135). Page 3-8.
11. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: офиц.сайт. URL: <http://gks.ru>
- Federal State Statistics Service [An electronic resource]: офиц.сайт. URL: <http://gks.ru>
12. Шаш Н.Н., Бородин А.И. Дисбалансы развития и бюджетные риски регионов // Экономист. 2015. № 10. С. 69-77.
- Shash N. N., Borodin A.I. Imbalances of development and budgetary risks of regions//Economist. 2015. No. 10. Page 69-77.
13. Lier T. Regional innovation indicators evidence-based policymaking for Europe 2020 and for the European Plan for Research and innovation. 2010. – URL: <https://portal.cor.europa.eu/europe2020/news/Documents/Open%20Days%202010/Brainport%20Region%20-%20Ton%20van%20Lier%20Final.pdf>
14. Porter M. Clusters of Innovation: Regional Foundations of U.S. Competitiveness. // Council of Competitiveness, Monitor Group, 2001.

УДК 336.22

НАЛОГОВАЯ НАГРУЗКА И МЕТОДЫ ЕЕ ОЦЕНКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**THE TAX BURDEN AND ASSESSMENT METHODS IN MODERN CONDITIONS****М.В. Радостева**
M.V. RadostevaМосковский государственный психолого-педагогический университет, ФГБОУ, 127051,
г. Москва, ул. Сретенка, 29

Moscow State Psychological and Pedagogical University, FGBOU, 127051, Moscow, ul. Sretenka Street, 29

E-mail: Radomira.m@mail.ru

Аннотация

В современных экономических условиях, когда любая компания старается минимизировать свои затраты, оценка налоговой нагрузки становится важным этапом в ее деятельности. В статье рассмотрены некоторые методы определения налоговой нагрузки, сформулированы выводы и даны предложения по направлениям ее совершенствования.

Abstract

In today's economic climate, when every company is trying to minimize their costs, the assessment of the tax burden becomes an important stage in its work. The article discusses some methods of determining the tax burden, formulated conclusions and present a proposal for ways to improve it.

Ключевые слова: налоговая нагрузка, методы оценки, расчет налоговой нагрузки, налоговый режим.

Keywords: tax burden, evaluation methods, calculation of the tax burden, the tax regime.

Введение

Налоговая нагрузка оказывает непосредственное воздействие на эффективность хозяйственной деятельности любой организации. Многие компании стараются минимизировать налоговую нагрузку. Для этого организации используют различные методы оценки, выявления динамики, влияние на конечные результаты деятельности компании налоговой нагрузки.

Оценка налоговой нагрузки весьма актуальна на современном этапе и ее стараются рассчитывать многие организации, но при этом отсутствует универсальная методика ее оценки. В специальной литературе имеют место разнообразные подходы к оценке налоговой нагрузки компании. Причинами сложившейся ситуации можно обозначить следующие факторы, которые возникают перед специалистами: непростое выявление состава налогов, которые включаются в расчет налоговой нагрузки, а также сложность определения интегрального показателя, с которым можно соотнести сумму налогов, уплачиваемых организацией.

Многие специалисты, которые непосредственно занимаются оценкой налоговой нагрузки как с теоретических, так и с практических позиций, предлагают свои варианты оценки налоговой нагрузки. Это приводит к получению разных результатов, что затрудняет их работу, поскольку разница оказывается существенной. Все это также сказывается на финансовых результатах деятельности хозяйствующих субъектов.

Данную проблему исследуют эксперты на протяжении последних десятилетий, что нашло отражение в появлении большого количества публикаций по данной тематике. Так,



например, сюда можно отнести работы следующих авторов: Даниной И.Н., Камалиева Т.Ш., Крейниной М.Н., Лазутиной Д.В., Литвина М.И., Юрченко В.Р. и многих других.

В данной статье представлены лишь отдельные методики оценки налоговой нагрузки с целью выявления противоречий в сфере налогообложения для разных хозяйствующих субъектов, ибо налоговая нагрузка данных субъектов оказывается неодинаковой. Все это сказывается на финансовых результатах деятельности хозяйствующих субъектов.

Основные результаты исследования

1. Базовые методики, применяемые для оценки налоговой нагрузки.

Сегодня используется несколько методик для оценки налоговой нагрузки.

1. В свое время Министерство финансов РФ разработало методику, в соответствии с которой доля налоговой нагрузки организации оценивается отношением всей совокупности уплачиваемых налогов к выручке от реализации. Этот показатель выявляет общую долю налогов в выручке от реализации.

2. Любая группа налогов с учетом источника платежа, имеет свой показатель тяжести налоговой нагрузки.

В этом случае налоговую нагрузку можно рассчитать по следующим формулам:

$$(B - Zp - \text{Прф}) / (B - Zp) \times 100 \% \text{ или } (B - Zp - \text{Прф}) / \text{Прф} \times 100 \%,$$

где B – выручка от реализации; Zp – затраты на производство реализованной продукции без учета налогов; Прф – прибыль фактическая, остающаяся в распоряжении предприятия за вычетом налогов, уплачиваемых из нее [Грызунова Н.В., Кирсанов К.А.].

Показатели, используемые в данном случае, позволяют выявить разницу, при которой совокупная величина уплаченных налогов отличается от размера прибыли, которая остается в распоряжении организации.

3. Налог сопоставляется с источником уплаты. В качестве показателя применяется некая средняя величина для того, чтобы дать оценку налоговой нагрузке для организаций различных видов деятельности. За основу в этом случае принимается добавленная стоимость и выделяется та ее часть, которая идет на покрытие налоговых обязательств.

4. Этот подход позволяет сопоставить налоговую нагрузку в абсолютных и относительных величинах.

В первом случае речь идет о налоговых платежах и совокупных страховых взносах, которые организация должна перечислить в бюджет и во внебюджетные фонды в стоимостной форме налоговых обязательств хозяйствующих субъектов [Грызунова Н.В., Радостева М.В].

В другом случае налоговую нагрузку можно рассчитать, как отношение стоимостной формы налоговых обязательств организации к вновь созданной стоимости, то есть доля налогов и страховых взносов, включая недоимку.

Добавленная стоимость выступает основным источником уплаты налоговых платежей. При этом под добавленной стоимостью принято понимать стоимость товаров и услуг за вычетом стоимости товаров и услуг, приобретенных организацией для промежуточного потребления, то есть за вычетом потребления с целью дальнейшего производства продукции.

Для расчета добавленной стоимости используется следующая формула:

$$ДС = B - MЗ - A + ВД - ВР \text{ или } ДС = ОТ + СО + П + НП,$$

где $ДС$ – добавленная стоимость; B – выручка от реализации товаров, продукции, работ, услуг; $MЗ$ – материальные затраты; A – амортизация; $ВД$ – внереализационные доходы; $ВР$ – внереализационные расходы; $ОТ$ – оплата труда; $СО$ – отчисления на социальные нужды; $П$ – прибыль организации; $НП$ – налоговые платежи [Грызунова Н.В., Киселева И.А.,].

Для большей точности расчетов на определенном уровне экономического субъекта используют, как правило, не одну методику определения налоговой нагрузки, а их



совокупность, что способствует более полному и точному описанию текущей и ретроспективной ситуации по налоговым платежам организации.

Также следует отметить, что ФНС России в свое время определила средние значения налоговой нагрузки по отраслям, с актуальными величинами по среднеотраслевым показателям. Формула, используемая для расчета налоговой нагрузки, в этом случае следующая:

$$НН = (Н_{общ}/В_{общ}) \times 100\%,$$

где НН – налоговая нагрузка; Н общ – общая сумма налогов; В – размер выручки [Абрамова Е.В., Никонорова Е.А.].

Вместе с тем при всем множестве различных методик, используемых для определения налоговой нагрузки, многие из них нуждаются в усовершенствовании.

Так, налоговая нагрузка, рассчитанная в соответствии с методикой, предложенной Департаментом налоговой политики Министерства финансов России, не выявляет влияния размера уплаченных налогов на финансово-экономическое состояние хозяйствующего субъекта, поскольку не учитывается доля каждого уплаченного налога в выручке от реализации.

Налоговую нагрузку можно рассчитывать на разных уровнях хозяйствования и для различных экономических субъектов:

- для государства в целом или по его регионам;
- для разных отраслей национальной экономики;
- по группе организаций, похожих по отдельным критериям;
- для самостоятельной организации;
- для отдельной семьи или конкретного человека.

С учетом целей расчета и экономического уровня этого показателя его основой выступают:

- выручка (с НДС или без него);
- источник уплаты налога (доходы, прибыль или затраты, имущество);
- вновь созданная стоимость;
- предполагаемый доход или планируемая прибыль.

Измерение налоговой нагрузки необходимо для: проведения эффективной налоговой политики и оценки ее эффективности; контроля налоговых поступлений; получения прогнозных оценок доходов бюджета; проведения сбалансированной региональной политики; контроля условий развития хозяйствующих субъектов.

Эффективно функционирующая налоговая система не должна приводить к чрезмерному воздействию на налоговую нагрузку налогоплательщика во избежание таких ситуаций, как то, что большая часть получаемого дохода будет в виде налоговых платежей перечисляться государству, и, следовательно, такие организации будут вынуждены использовать схемы ухода от налогообложения.

Напротив, она должна способствовать развитию таких видов деятельности, которые наиболее перспективны и востребованы в экономике страны.

2. Методики оценки налоговой нагрузки, используемые организациями при применении специальных режимов налогообложения

Особый интерес представляет использование специальных режимов налогообложения при расчете налоговой нагрузки отдельными категориями налогоплательщиков [6].

Так, для физических лиц или индивидуальных предпринимателей, не использующих специальный режим налогообложения, это будет следующая формула:

$$НН_{ндфл} = Н / Д_{ндфл},$$

где: НН ндфл – величина налоговой нагрузки по НДФЛ; Н ндфл – размер НДФЛ, начисленный к уплате по декларации с учетом размера страховых взносов во внебюджетные фонды, а также иные налоги, уплачиваемые индивидуальным предпринимателем; Д ндфл – размер дохода по декларации 3-НДФЛ.

- Для хозяйствующих субъектов, применяющих УСН:

$$\text{НН усн} = \text{Н усн} / \text{Д усн},$$

где: НН усн – величина налоговой нагрузки при использовании УСН; Н усн – размер единого налога, начисленного к уплате по декларации с учетом страховых взносов во внебюджетные фонды организации; Д усн – размер дохода по декларации при применении УСН.

- Для организаций, использующих режим ЕСХН:

$$\text{НН есхн} = \text{Н есхн} / \text{Д есхн},$$

где: НН есхн – величина налоговой нагрузки при ЕСХН; Н есхн – размер единого налога, начисленный к уплате по декларации при применении ЕСХН с учетом страховых взносов во внебюджетные фонды; Д есхн – размер дохода, задекларированного по декларации при использовании системы ЕСХН.

- Для организаций с ОСНО:

$$\text{НН осно} = (\text{Н ндс} + \text{Н п}) / \text{В},$$

где: НН осно – величина налоговой нагрузки при общем режиме налогообложения; Н ндс – сумма НДС, начисленная к уплате по декларации по НДС; Н п – размер налога на прибыль, начисленный к уплате по декларации по прибыли; В – размер выручки, в соответствии с отчетом о прибылях и убытках [Шувалова Е.Б., Солярик М.А.].

Приведенные здесь формулы для расчета налоговой нагрузки, применяемые к специальным режимам налогообложения, предполагают уплату налогоплательщиком, помимо единого налога, также уплату иных налогов (на землю, воду, транспорт, имущество, НДС, акцизы, природные ресурсы), которые тоже учитываются при расчете налоговой нагрузки. НДС в этом перечне отсутствует, а значит, в отличие от формулы, определенной для расчета совокупной налоговой нагрузки, не участвует в формировании аналогичного результата по отдельным налоговым режимам.

Налоговую нагрузку, как расчетный показатель, можно соотнести с понятием оптимальной ставки налога, которая представляет собой долю фактически начисленного налога в налоговой базе по тому или иному налогу, либо по их совокупности [Церцеил Ю.С., Коокуева В.В.].

Применение хозяйствующим субъектом специальных налоговых режимов уже само по себе является процессом оптимизации налоговой нагрузки.

При этом на размер налоговой нагрузки влияет не только налоговый режим, применяемый конкретной организацией, но и организационно-правовая структура организации, а также другие факторы, которые зачастую оказывают существенное влияние на размер налоговых платежей. К ним можно отнести такие, как вид деятельности организации, ее размер, количество работников.

Кроме того, индивидуальные предприниматели, не привлекающие работников по найму, могут сумму единого налога при использовании режима ЕНВД и единого налога при применении упрощенной системы налогообложения по ставке 6% уменьшить на сумму уплаченных фиксированных страховых взносов в полном объеме. Индивидуальные предприниматели, привлекающие работников по найму, могут уменьшить размер единого налога при использовании ЕНВД и единого налога при применении упрощенной системы налогообложения при ставке 6% только на страховые взносы, уплаченные с фонда оплаты труда, и оплату больничных листов из средств работодателя – в размере, не более 50% от суммы налога, так же, как и организации, применяющие данные режимы [2].

Тем самым индивидуальным предпринимателям, которые уплачивают налог с дохода при использовании упрощенной системы налогообложения по ставке 6%, а также при уплате единого налога при применении налогового режима ЕНВД выгоднее работать без привлечения труда работников по найму, или заключать договоры с хозяйствующими субъектами, также применяющими специальные режимы налогообложения.

Можно отметить, что специальный режим налогообложения – ЕНВД – является одним из выгодных вариантов экономии при уплате налогов для розничной торговли. Тем не

менее нельзя однозначно утверждать, что выгодна та или иная система налогообложения. Например, при упрощенной системе налогообложения, если в качестве налогооблагаемой базы применяют доходы, то это выгодно тогда, когда организация не несет большую долю затрат. Между тем, когда затрат у организации много, то и в качестве объекта налогообложения выгоднее использовать доходы, уменьшенные на величину расходов. Специальные режимы налогообложения такие, как единый налог на вмененный доход и патентная система, в отличие от упрощенной системы, применяются к ограниченному перечню видов деятельности [Васильева Т.Ю., Васильев П.А]

Основные выводы

Таким образом, осуществляя выбор наиболее оптимального налогового режима, предпринимателю или организации необходимо произвести расчет совокупной налоговой нагрузки для различных режимов налогообложения с учетом разных факторов и перспектив развития своей деятельности.

Также хочется отметить, что далеко не во всех методиках оценки налоговой нагрузки организации, представленных в статье, учитывается доля страховых взносов, уплачиваемых во внебюджетные фонды. Между тем, именно данная статья затрат для организаций является одной из самых весомых в общей структуре затрат.

Налоговая нагрузка, определяемая для различных целей, представляет интерес для различных пользователей данной информацией в отношении:

- проведения анализа, составления планов и составления прогноза экономической ситуации в стране или ее регионе – для Министерства финансов России, государственных органов, деятельность которых напрямую связана с решением экономических вопросов в РФ и субъектах РФ;
- осуществления планирования контрольных налоговых процедур и развития системы налогового администрирования – для Министерства финансов России, ФНС России;
- анализа итогов собственной работы, выявления рисков проведения налоговых проверок и их оценки и прогнозов дальнейшей деятельности – для налогоплательщиков.

Важную роль в данном случае играет анализ собственной финансово-хозяйственной деятельности организации, что позволяет выявить факторы, при изменении или оптимизации которых происходит:

- уменьшение налоговой нагрузки;
- осуществление наиболее привлекательного выбора режима налогообложения с учетом вида деятельности;
- формирование положительной динамики результатов.

Поскольку ни одна из используемых на данном этапе методик оценки налоговой нагрузки не позволяет в полной мере точно оценить ее как на макро, так и на микроуровне, то необходимо утвердить единую методологию оценки налоговой нагрузки в российской экономике, при помощи которой можно было бы сформировать формулы для расчета налоговой нагрузки, применяемой на разных уровнях хозяйствования. Данная информация должна быть приведена с учетом видов экономической деятельности, учитывать соотношение прямых и косвенных налогов, особенно если речь идет о крупных компаниях, должна отражать размеры страховых взносов во внебюджетные фонды, поскольку на них приходится основная доля в налоговой нагрузке работодателя. При оценке налоговой нагрузки в коммерческих организациях следует исключать из расчёта налог на доходы физических лиц, по причине того, что данный налог взимается исключительно с доходов физических лиц, не оказывая влияния на результаты финансовой деятельности организации. Для расчёта фискальной нагрузки по видам экономической деятельности объём налогов и других платежей желательно соотносить с объёмом валовой добавленной стоимости.

Тем самым формирование и оценка налоговой нагрузки на современном этапе является одним из основных элементов в анализе финансово-хозяйственной деятельности любой организации, что предполагает использование различных методик к ее расчету,



которые зачастую не отражают в полной мере все особенности, влияющие на нее. С учетом вышеизложенного было предложено разработать на федеральном уровне единую методологию оценки налоговой нагрузки как для различных хозяйствующих субъектов, так и для различных уровней национальной экономики.

Список литературы References

1. Абрамова Е.В., Никонорова Е.А., Грызунова Н.В. Сравнение систем налогообложения дохода физических лиц \ В сборнике: Влияние науки на инновационное развитие Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2016. С. 65-71.

Abramova E. V., Nikonorova E. A., Gryzunov N.V. Sravneniye of systems of the taxation of the income of natural persons \In the collection: Influence of science on innovative development Collection of articles of the International scientific and practical conference. Editor-in-chief: Sukiasyan Asatur Albertovich. 2016. Page 65-71.

2. Васильева Т.Ю., Васильев П.А. Выбор налогового режима как оптимизация налоговой нагрузки // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. - URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14716> (дата обращения: 30.12.2016).

Vasilyeva T. Yu., Vasilyev P. A. Choice of tax regime as optimization of tax burden//Modern problems of science and education. – 2014. – No. 5. - URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14716> (date of the address: 12/30/2016).

3. Грызунова Н.В., Кирсанов К.А. Управление фискальной функцией налогов на базе производственных функций и увеличения эластичности производства // Экономика. Предпринимательство. Окружающая среда. 2008. Т. 1. С. 117-119.

Gryzunova N. V., Kirsanov K. A. Management of fiscal function of taxes on the basis of production functions and increase in elasticity of a proizvodstv \Economy. Business. Environment. 2008. T. 1. Page 117-119.

4. Грызунова Н.В., Киселева И.А., Колчин С.П., Симонович Н.Е. Налогообложение: актуальные проблемы. Монография. Министерство образования и науки Российской Федерации. Москва, 2016.

Gryzunova N. V., Kiselyov I. A., Kolchin S. P., Simonovich N. E. Nalogooblozheniye: urgent problems. Monograph. Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Moscow, 2016.

5. Грызунова Н.В., Радостева М.В. Налоги и налогообложение. Учебное пособие. - Москва.: МОСГУ, 2012.

Gryzunova N. V., Radostev M. In Taxes and the taxation. Manual. - Moscow.: MOSGU, 2012.

6. Расчет налоговой нагрузки в 2015-2016 году (формула) - URL: <https://nalog-nalog.ru> > Налоговая система РФ (дата обращения: 26.01.17).

Calculation of tax burden in 2015-2016 (formula) - URL: <https://nalog-nalog.ru> >Tax Russian Federation system (date of the address: 26.01.17).

7. Церцейл Ю.С., Коокуева В.В., Грызунова Н.В. Инструменты кластерной политики в развитии инновационной экономики России (на примере свободных экономических зон) // ИТ портал. 2017. № 1 (13).

Tsertseil Yu. S., Kookuyeva V. V., Gryzunov N. V. Tools of cluster policy in development of innovative economy of Russia (on the example of free economic zones) // Itportal. 2017. No. 1 (13).

8. Шувалова Е.Б., Солярик М.А., Захарова Д.С. Налоговые аспекты экономической безопасности в Российской Федерации // Статистика и Экономика. 2016. № 3. С. 51-54.

Shuvalova E. B., Solyarik M. A., Zakharova D. S. Tax aspects of economic security in the Russian Federation // Statistics and Economy. 2016. No. 3. Page 51-54.

УДК 336.1

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БЮДЖЕТНЫХ МЕТОДОВ СТИМУЛИРОВАНИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА****IMPROVE THE IMPLEMENTATION OF THE RUSSIA BUDGET METHODS
TO PROMOTE THE BUSINESS****С.В. Фрумина
S.V. Frumina**

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Россия, 125167, г. Москва,
пр. Ленинградский, д. 49

Financial University under the Government of the Russian Federation, , Russia, 125167, Moscow,
Leningrad prospect, d. 49

E-mail: svfrumina@fa.ru

Аннотация

В статье проводится критический анализ применяемых в Российской Федерации бюджетных методов стимулирования малого и среднего предпринимательства. Подчеркиваются недостатки нормативно правовой документации, нуждающиеся в корректировке. Приводятся аргументы в пользу необходимости совершенствования государственных программ, предусматривающих субсидирование субъектов Российской Федерации по направлениям развития малого и среднего бизнеса.

Abstract

The article provides a critical analysis of budgetary methods to stimulate small business. Highlights the shortcomings of regulatory and legal documentation. The necessity of improving state programs.

Ключевые слова: бюджетное финансирование, государственные программы, малый бизнес, субсидии, финансовое регулирование.

Keywords: budgetary financing, state programs, small business, subsidies, and financial regulation.

Введение

В мировой практике широкое распространение получила финансовая поддержка малого и среднего предпринимательства с использованием бюджетных средств. Наиболее действенным из них являются субсидии, бюджетные инвестиции, государственные заказы и государственные гарантии. В Российской Федерации в соответствии с положением п. 5 ст. 3 Федерального закона от 24.07.2007 г. № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» поддержка субъектов малого и среднего предпринимательства заключается в исполнении полномочий органов государственной власти и местного самоуправления Российской Федерации по реализации программ развития субъектов малого и среднего бизнеса [1, 6, 7]. В разрезе государственных программ такая финансовая поддержка реализуется благодаря федеральной программе Министерства экономического развития Российской Федерации, выступающего распорядителем бюджетных средств в форме субсидий субъектам Российской Федерации. Субсидии предоставляются субъектам на конкурсной основе путем осуществления долевого финансирования.

Основные результаты исследования

За период 2013–2015 гг. величина предоставляемых в рамках данной программы субсидий значительно увеличилась и составила 21,97 млрд руб., что свидетельствует о повышении финансовой поддержки в форме софинансирования расходных обязательств российских регионов на 11% (рисунок 1) [5, 10].

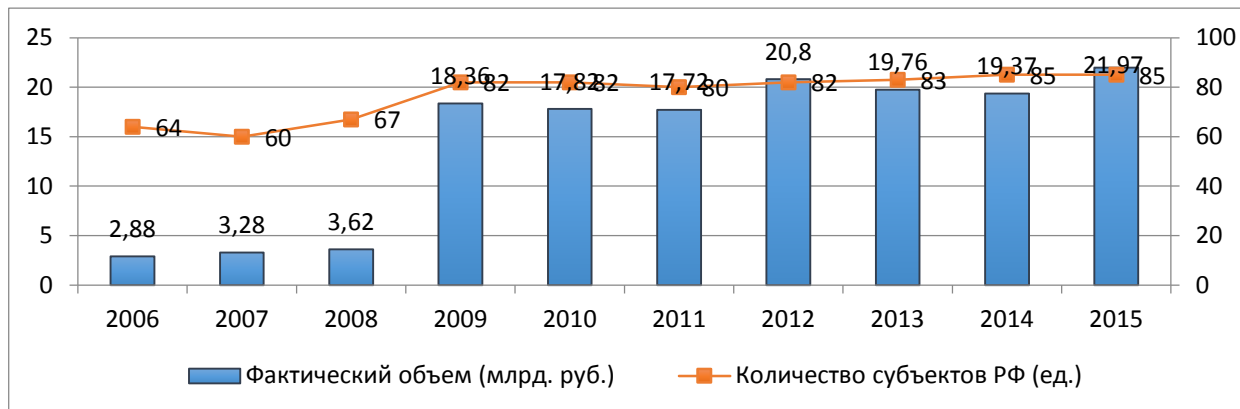


Рис. 1. Финансовая поддержка развития малого и среднего предпринимательства

Fig. 1. Financial support of small and medium enterprises

С 2016 г. в рамках государственной программы на поддержку малого и среднего бизнеса предусмотрены бюджетные ассигнования на представление малым инновационным предприятиям денежных средств под обеспечение инновационных проектов, результаты которых имеют перспективу коммерциализации, в объеме 2,0 млрд руб. ежегодно.

Порядок предоставления субсидий регламентируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.12.2014 № 1605 (ред. от 25.05.2016) [2].

Как показал анализ вышеупомянутого Порядка, денежные средства на финансирование расходных обязательств могут предоставляться в разрезе отдельных мероприятий, предусмотренных государственными программами (раздел II Правил) [2]. Данное условие является одним из критериев конкурсного отбора на получение субсидии из федерального бюджета.

Однако не все государственные программы, в частности, государственные программы по поддержке малого и среднего предпринимательства, содержат мероприятия по их исполнению [Понкратов В.В.]. Следовательно, те государственные программы, в паспортах которых не прописаны подлежащие исполнению мероприятия, не соответствуют критериям конкурсного отбора и не должны получить субсидии из федерального бюджета. Однако практика свидетельствует о наличии государственного финансирования программ региональной поддержки развития малого бизнеса вне зависимости от наличия сформулированных мероприятий. В целях устранения данного коллапса рекомендуем в обязательном порядке дополнить государственные программы мероприятиями, подлежащими исполнению [Ручкина Г.Ф., Мельничук М.В. и др.].

Вместе с тем, полагаем, что изложение Правил также подлежит корректировке. Например, п. 2 раздела I Правил содержит перечень «полномочий» по государственной поддержке, перечисленных в составе от «а» до «о» [2].

В свою очередь, раздел II тот же состав полномочий обозначает пунктами 50-62 и именуется «Мероприятия, осуществляемые в рамках государственной поддержки малого и среднего предпринимательства в субъектах Российской Федерации» [2]. В качестве «мероприятий» на софинансирование которых предоставляются субсидии, предлагает рассматривать те же «полномочия» п. 11 раздела I (табл. 1).



Таблица 1
Table 1

Примеры несогласованности терминологии в Правилах
Examples of inconsistent terminology in the Rules

П. 2 раздел I	П. 11, раздел I	П. 28, раздел I	Раздел II
Субсидии предоставляются в целях оказания финансовой поддержки на исполнение расходных обязательств, возникающих при выполнении органами государственной власти субъектов Российской Федерации <i>полномочий</i> по государственной поддержке малого и среднего предпринимательства..., и предусматривающих: а) создание и (или) развитие инфраструктуры.... о)... агропромышленных парков и технопарков.	Субсидии предоставляются на софинансирование <i>мероприятий</i> , указанных в пункте 2 правил...	Критериями конкурсного отбора субъектов Российской Федерации, бюджетам которых предоставляются субсидии, являются: а) соответствие мероприятий, предусмотренных государственными программами..., на которые выделяются субсидии, <i>целям</i> , указанным в п. 2...	<i>Мероприятия</i> , осуществляемые в рамках государственной поддержки малого и среднего предпринимательства в субъектах Российской Федерации 50. Создание и (или) развитие инфраструктуры... 62.... агропромышленных парков и технопарков.

При определении критериев конкурсного отбора п. 28 раздела I Правил упоминает тот же состав «полномочий-мероприятий» в контексте «целей», в рамках которых предоставляются субсидии из федерального бюджета [2].

Считаем, что данное разнообразие терминологических конструкций для обозначения одинаковых категорий не имеет содержательного основания.

Общими показателями результативности для всех субсидий на 2016 г. п. 21 раздела I Правил установлены:

а) доля среднесписочной численности работников (без внешних совместителей), занятых на микропредприятиях, малых и средних предприятиях и у индивидуальных предпринимателей, в общей численности занятого населения;

б) количество субъектов малого и среднего предпринимательства, получивших государственную поддержку;

в) количество субъектов малого и среднего предпринимательства (включая индивидуальных предпринимателей) в расчете на 1 тыс. чел. населения субъекта Российской Федерации;

г) количество вновь созданных рабочих мест (включая вновь зарегистрированных индивидуальных предпринимателей).

Кроме перечисленных, по каждому мероприятию устанавливаются отдельные показатели. Однако учитывая недостатки государственных программ, считаем целесообразным дополнить имеющиеся показатели оценкой качества государственных программ, реализуемых на уровне субъектов Российской Федерации.

Кроме государственной программы «Экономическое развитие и инновационная экономика» на поддержку малого и среднего предпринимательства направлены мероприятия подпрограммы 4 «Развитие малых форм хозяйствования» государственной программы, реализуемой под эгидой Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы» (таблица 2).



Денежные средства по данной подпрограмме используются согласно Постановлению Правительства Российской Федерации «О распределении и предоставлении субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на грантовую поддержку сельскохозяйственных потребительских кооперативов для развития материально-технической базы» от 24 июня 2015 г. № 623 [4].

Таблица 2
Table 2

Финансовая поддержка развития малого и среднего предпринимательства в рамках программы Минсельхоза России [5]
Financial support for the development of small and medium enterprises in the framework of the Ministry of agriculture

Распорядитель бюджетных средств	Мероприятия	Финансирование за счет средств федерального бюджета в 2013 г. (млрд руб.)	Финансирование за счет средств федерального бюджета в 2014 г. (млрд руб.)	Финансирование за счет средств федерального бюджета в 2015 г. (млрд руб.)
Минсельхоз России	Поддержка малых форм хозяйствования – субсидирование процентной ставки	5,0	4,75	5,78
	Поддержка начинающих фермеров	2,0	1,9	-
	Развитие семейных животноводческих ферм	1,5	1,4	-
	Оформление земельных участков в собственность КФХ	0,1	0,114	0,05

Несмотря на детальную регламентацию мер государственной финансовой поддержки развития малого предпринимательства, субъекты Российской Федерации недостаточно осведомлены о видах финансовой помощи и размерах предоставляемых субсидий.

Здесь уместна адаптация положительного опыта США, где данная проблема решилась благодаря использованию каталога федеральной помощи (Catalog of Federal Domestic Assistance). Данный каталог содержит информацию о действующих федеральных программах в разрезе отраслей, ведомств и регионов [Ахмадеев Р.Г., Косов М.Е.].

Основные выводы

В соответствии с вышеизложенным, имеет смысл предложить следующие рекомендации:

1. Скорректировать изложение Правил предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на государственную поддержку малого и среднего предпринимательства, в которых наблюдается несоответствие формулировок. Предлагаем придерживаться единства в употребляемых формулировках и перечисленные объекты (в составе от «а» до «о» п.2, раздела I и от п. 50 до 62 раздела II Правил) рассматривать как «мероприятия». Данное обозначение позволит проводить более корректное сопоставление мероприятий с государственными программами, и, соответственно, определять критерии для предоставления субсидий из федерального бюджета на поддержку субъектов малого и среднего предпринимательства. Предлагаемые изменения изложить в редакции:



П. 2 раздел I. Субсидии предоставляются в целях оказания финансовой поддержки на исполнение расходных обязательств, возникающих при выполнении органами государственной власти субъектов Российской Федерации полномочий по государственной поддержке малого и среднего предпринимательства..., и предусматривающих *следующие мероприятия*:

- а) создание и (или) развитие инфраструктуры....
- о)... агропромышленных парков и технопарков.

П. 11, раздел I - оставить без изменений.

П. 28, раздел I. Критериями конкурсного отбора субъектов Российской Федерации, бюджетам которых предоставляются субсидии, являются: а) соответствие мероприятий, предусмотренных государственными программами..., на которые выделяются субсидии, *мероприятиям*, указанным в п. 2.

Раздел II – оставить без изменений.

2. Дополнить государственные программы мероприятиями, подлежащими исполнению.

Список литературы References

1 Федеральный закон от 24.07.2007 № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2016).

The federal law from 7/24/2007 No. 209-FZ "About development of small and average business in the Russian Federation" (with amendment and additional, вступ. in force with 8/1/2016).

2 Постановление Правительства РФ от 30.12.2014 № 1605 «О предоставлении и распределении субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на государственную поддержку малого и среднего предпринимательства, включая крестьянские (фермерские) хозяйства в 2015 году» // «Собрание законодательства РФ», № 2, 12.01.2015, ст. 508.

The resolution of the Government of the Russian Federation from 12/30/2014 No. 1605 "About granting and distribution of subsidies from the federal budget to budgets of subjects of the Russian Federation on the state support of small and average business, including peasant farms in 2015"// "A collection of the legislation of the Russian Federation", No. 2, 1/12/2015, Art. 508.

3 Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 316 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная экономика» // «Собрание законодательства РФ», 05.05.2014, № 18 (часть II), ст. 2162.

The resolution of the Government of the Russian Federation from 4/15/2014 No. 316 "About the approval of the state program of the Russian Federation "Economic development and innovative economy"// "A collection of the legislation of the Russian Federation", 5/5/2014, No. 18 (part II), Art. 2162.

4 Постановление Правительства РФ от 24.06.2015 № 623 «Об утверждении Правил предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на грантовую поддержку сельскохозяйственных потребительских кооперативов для развития материально-технической базы» // «Собрание законодательства РФ», 29.06.2015, № 26, ст. 3911.

The resolution of the Government of the Russian Federation from 6/24/2015 No. 623 "About the approval of Rules of granting and distribution of subsidies from the federal budget to budgets of subjects of the Russian Federation on grant support of agricultural consumer cooperatives for development of material and technical resources"// "A collection of the legislation of the Russian Federation", 6/29/2015, No. 26, Art. 3911.

5 Ахмадеев Р.Г., Косов М.Е. Налоги на конечное потребление в странах ОЭСР и России // Финансы и кредит. 2015. No20(644). С. 22-30.

Akhmadeev R. G., Kosov M. E. Taxes on final consumption in the countries of OECD and Russia//Finance and the credit. 2015. No20(644). Page 22-30.

6 Бородин А.И., Шаш Н.Н. Дисбалансы развития и бюджетные риски регионов // Экономист. 2015. № 10. С. 69-77.

Borodin A. I., Shash N. N. Imbalances of development and budgetary risks of regions//Economist. 2015. No. 10. Page 69-77.

7 Бородин А.И., Шаш Н.Н. Проблемы разработки и финансового обеспечения государственных программ // Финансы. 2015. № 1. С. 17-24.



Borodin A. I., Shash N. N. Problems of development and financial security of state programs//Finance. 2015. No. 1. Page 17-24.

8 Ручкина Г.Ф., Мельничук М.В., Демченко М.В., Одинцов Б.Е., Дрогобыцкий И.Н., Липич А.Н., Орлова И.В., Фрумина С.В. Совершенствование регулирования развития малого бизнеса в Российской Федерации: монография / коллектив авторов – М.: РУСАЙНС, 2017. – 190 с.

Ruchkina G. F., Melnichuk M. V., Demchenko M. V., Odintsov B. E., Drogobytsky I. N., Lipich A. N., Orlova I. V., Frumina S. V. Improvement of regulation of development of small business in the Russian Federation: monograph / group of authors – М.: RUSAYNS, 2017. – 190 pages.

9 Понкратов В.В. Антикризисный план и бюджетный маневр 2015 // Вестник Финансового университета. 2015. No2(86). С. 70-75.

Ponkratov V. V. Anti-crisis plan and budgetary maneuver 2015//Bulletin of Financial university. 2015. No2(86). Page 70-75.

10 Шаш Н.Н., Бородин А.И., Татуев А.А. Проблемы перехода на программный бюджет: новые вызовы бюджетной политике России // Финансы и кредит. 2014. № 14(590). С. 2-10.

Shash N. N., Borodin A.I., Tatyuev A. A. Problems of transition to the program budget: new calls to the budgetary policy of Russia//Finance and credit. 2014. No. 14(590). Page 2-10.

УЧЕТНАЯ ПОЛИТИКА И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

ACCOUNTING POLICIES AND MEASUREMENT STATISTICS

УДК 657(075.8)

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА НА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF MANAGEMENT ACCOUNTING AT THE ENTERPRISES OF BAKING

С.В. Кулигина, Л.В. Усатова, Н.А. Калущкая
S.V. Kuligina, L.V. Usatova, N.A. Kalutskaya

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

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

E-mail: usatova@bsu.edu.ru

Аннотация

В статье структурирован порядок мероприятий системы управленческого учета, а также представлена модель формирования системы управленческого учета на предприятиях хлебопечения. Выделены ограничители, которые оказывают доминирующее влияние на управляющие бизнес-процессы и реализуются в рамках информационной базы аналитического обеспечения деятельности хозяйствующего субъекта. В то же время выделенные ограничители определяют изменение, разработки конкретных подходов, по повышению эффективности представляемой в системе управленческого учета информации с целью принятия оперативных и стратегических решений. Основное положение, которое заложено в основу представленной модели – это создание инструментов управленческого учета. При этом процесс их интеграции строится на релевантной информации, сконцентрированной в системе учета затрат и методике управленческого анализа.

Abstract

The article is structured the order of the activities of the management accounting system, and presents a model of formation of system of management accounting at the enterprises of the bakery. Dedicated limiters, which have a dominant influence on managing business processes, and implemented in the information base and analytical support for the activities of the entity. At the same time highlighted the constraints determine the change, development of specific approaches for improving the efficiency of introducing the system of managerial accounting information in order to making operational and strategic decisions. A guideline that lies at the basis of the model is the creation of tools of management accounting. The process of their integration is based on the relevant information is concentrated in the cost accounting system and methodology of management analysis.

Ключевые слова: принципы, учетная система, информационный поток, производственно-технологические ограничители, хозяйствующий субъект.

Keywords: management accounting, accounting and analytical system, management decisions, principles, accounting system, information flow, production and technological constraints, economic entity.

Введение

Развитие управленческого учета на предприятиях хлебопечения в контексте управления затратами и выявления резервов их снижения имеет приоритетное значение в связи с социальной значимостью производимой продукции.

Поэтому наибольшую актуальность приобретает научная проблема обоснования, обеспечивающая необходимую информацию при разработке, принятии управленческих решений, способствующих устойчивому развитию организаций и повышению их конкурентоспособности в современных условиях хозяйствования.

В современных условиях хозяйствования возникает необходимость повышения эффективности производства внутри самих хозяйствующих субъектов. Мобилизация внутренних резервов, рациональное использование производственного потенциала остается актуальной проблемой для любого предприятия хлебопекарной промышленности.

Поэтому выпуск качественной продукции обуславливает необходимость формирования и развития системы сбора, регистрации, систематизации, обобщения и проведения анализа информации о произведенных затратах на производство, уровне и перспективах снижения себестоимости выпускаемой продукции.

Такая информация представляется в рамках системы управленческого учета с целью принятия оперативных и стратегических решений.

Управленческий учет означает полное и своевременное обеспечение всех уровней управления необходимой информацией, для принятия обоснованного управленческого решения, прогнозирования результатов и оценки деятельности хозяйствующего субъекта в целом (Вахрушина М.Л., Новодворский В.Д., Костюкова Е.И., Попова Л.В.) [2, 3, 4, 5].

При этом большое значение представляют вопросы методического обеспечения основных бизнес-процессов предприятий, которые занимаются производством хлеба и хлебобулочных изделий (Усатова Л.В., Холоденко С.В.) [6,9].

В существующей практике управленческого учета отдельные организационно-методические положения требуют уточнения с учетом производства и технологической специфики деятельности хлебопекарных предприятий в рамках единой информационной системы с целью принятия обоснованных управленческих решений.

Основные результаты исследования

Формирование управленческого учета на хлебопекарных предприятиях с учетом существующих технологических процессов позволит построить наиболее эффективную систему.

Система управленческого учета – структурированная информация, собираемая и анализируемая в мониторинговом режиме, и цель которого заключается в обеспечении всех уровней управления своевременной информацией, которая необходима для принятия обоснованных стратегических управленческих решений, а также прогнозирования результатов и оценки деятельности субъекта в целом.

Опираясь на основные приоритеты хлебопекарных предприятий, нами структурирован порядок мероприятий для развития системы управленческого учета, а также предложена модель формирования системы управленческого учета, которая базируется на пяти компонентах инструментального аппарата, в рамках которого выделены основные производственные технологические ограничители (рис.) [9].

В системе учета затрат выделены такие ограничители, которые обуславливают обеспечение управления поддерживающими бизнес-процессами: это большой ассортимент выпускаемой продукции, цикличность технологических процессов; а также производство многих видов продукции при использовании единого технологического процесса; массовый выпуск одного вида продукции при использовании единого последовательного технологического процесса; непродолжительный технологический цикл выпуска продукции, изменение применяемых норм и нормативов производственных технологических показателей, но при этом строгое соблюдение технических условий и рецептур при выпуске продукции [3, 9].

Данные ограничители определяют индивидуальный подход обеспечения учетной функции управления операционными бизнес-процессами взаимосвязанных мероприятий, направленных на создание определенного конкретного вида выпускаемой продукции. [8].

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что выделенные нами ограничители в системе аналитического обеспечения деятельности оказывают доминирующее влияние на управляющие бизнес-процессы, которые реализуются в рамках информационной базы аналитического обеспечения деятельности хозяйствующего субъекта [9].

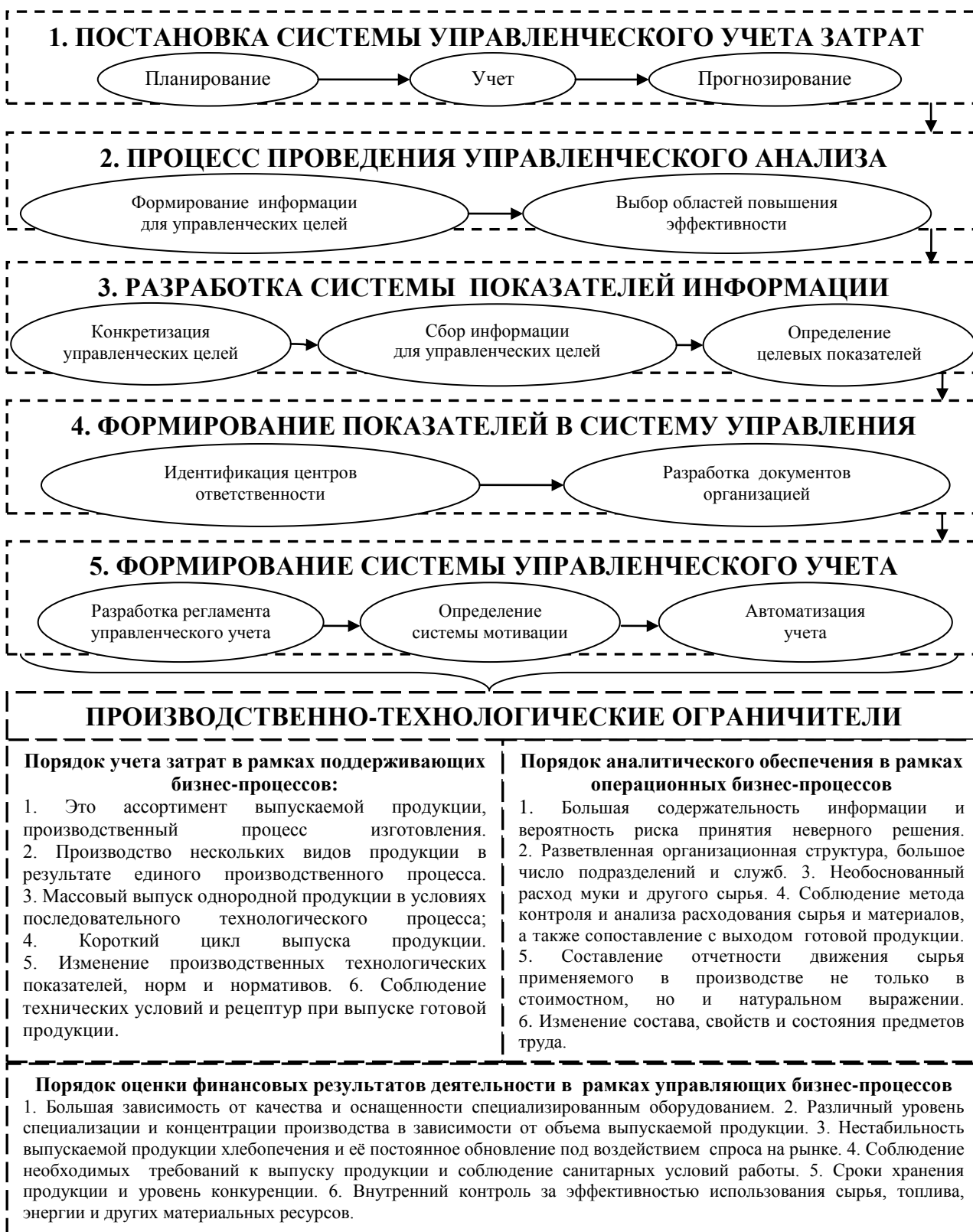


Рис. Модель формирования системы управленческого учета на предприятиях хлебопечения
 Fig. Model of formation of system of management accounting at the enterprises of bread baking

В то же время необходимо отметить, что к таким ограничителям относятся:

- высокая насыщенность информационной среды и высокий риск принятия неправильного решения;
- необоснованный расход сырья; соблюдение методов контроля и анализа расхода сырья и других необходимых материалов, а также сопоставление произведенных расходов с выходом продукции;
- составление промежуточной отчетности движения сырья в производстве в стоимостном, и натуральном выражении.

В системе оценки финансовых результатов деятельности выделены ограничители, оказывающие влияние на операционные бизнес-процессы:

- прежде всего, это зависит от оборудования, которое применяется для производства продукции;
- различный уровень специализации и концентрации производства в зависимости от объема выпускаемой продукции;
- нестабильность выпускаемой продукции хлебопечения и её постоянное изменение под воздействием спроса потребителей;
- необходимые требования к выпуску хлебопекарной продукции и соблюдение санитарно-гигиенических условий работы;
- стадия цикла выпускаемой продукции и уровень конкуренции;
- уровень внутреннего контроля эффективности использования сырья, материалов, электроэнергии, топлива.[9].

В то же время выделенные ограничители определяют вариацию разработки определенных подходов, направленных на повышение эффективности вырабатываемой в системе управленческого учета информации с целью принятия обоснованных и стратегических решений. Основное положение, заложенное в основу представленной модели, это создание инструмента управленческого учета. [8].

Организационный аспект создания системы управленческого учета необходимо рассматривать с двух позиций: с учетной и аналитико-управленческой позиции. При этом управленческий подход раскрывает непосредственно управленческий аспект, то есть принятие решений в процессе управленческого анализа [7].

Его отличительная особенность и одновременно недостаток заключаются в том, что он не раскрывает внутреннего механизма управленческого анализа, а этот недостаток компенсируется вторым учетным подходом, описывая, соответственно, тройственную концепцию управленческого учета: процесса снабжения в системе учетного обеспечения деятельности субъектов, занимающихся хлебопечением; производство и продажи [9].

Вместе с тем после формирования системы управленческого учета на стадии снабжения целесообразно осуществлять учет затрат на стадии производства, на которой с учетной точки зрения не существует особых отличий от предыдущей стадии, но информационное обеспечение учета иное, так как основой является производственный процесс. Необходимо отметить, что наибольшую актуальность приобретает процесс учета затрат на данной стадии, так как именно на этом этапе формируется основная часть произведенных затрат, которые определяют себестоимость выпускаемой продукции, возникающих на исследуемых стадиях управленческого учета затрат [5].

Подводя итог исследованию, мы видим, что управленческий учет разделяет всю учетную систему на три этапа, то есть руководитель хозяйствующего субъекта имеет возможность контролировать процесс «нарастания» себестоимости продукции.

Поток информации, созданный в организации, может базироваться на следующих принципах:

- выявления информационных потребностей и способов наиболее эффективного их удовлетворения;
- объективности отражения производственных процессов, обращения, распределения и потребления, использования материальных и финансовых ресурсов;

- единства информации, которая поступает из различных источников, а также плановых показателей;
- уничтожение от дублирования информации в первичных документах;
- результативности информации, обеспечивающейся применением компьютерной техники [9].

Одним из необходимых требований, предъявляемых к информационно-аналитической системе, является объективность отражения процессов производства, а также использования всех видов ресурсов, включая трудовые, материальные и финансовые. В то же время необходимо отметить, что значимость бухгалтерской службы возрастает, потому что именно в учетной системе формируется необходимая база для управленческого учета, в том числе о затратах хлебопекарных предприятий, а объективность и обоснованность принимаемых управленческих решений определяется качеством учетной информации [9].

Следует отметить, что информация, которая необходима для бухгалтерского учета, используется также и для управленческого учета. Однако для управленческого учета, кроме того, требуется дополнительная информация значительного объема в оперативном режиме и в режиме текущего времени [8,9].

Таким образом, следует отметить, что хлебопекарные предприятия, объемы деятельности которых можно отнести к предприятиям малого бизнеса, обладают большой мобильностью и поэтому должны использовать место расположения предприятия к местным рынкам, приспосабливаясь к потребителям выпускаемого хлеба и хлебобулочных изделий, традиционным стандартам качества, изменению спроса покупателей.

Для достижения более высокой эффективности производства все экономические субъекты должны развивать маркетинговую сеть, которая будет обеспечивать надежную, достоверную и своевременную информацию о рынке, структуре и динамике спроса, вкусах и желаниях потребителей хозяйствующего субъекта [9].

Основные выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований нами представлена модель формирования системы управленческого учета на предприятиях хлебопечения. В данной модели структурированы основные компоненты инструментального аппарата, что позволяет использовать их в зависимости от выделенных производственных технологических ограничений в системе управленческого учета затрат, аналитического обеспечения деятельности предприятия.

Представленные результаты исследования на предприятиях хлебопекарной промышленности позволяют заключить, что в целях повышения эффективности деятельности производства необходимы преобразования в области стратегического планирования, основывающиеся на рыночной информации и конъюнктуре, а также переход к динамичной системе цен, что будет способствовать соответствию спроса и предложения.

Выпуск качественной востребованной продукции предполагает диверсификацию процесса производства, увеличение ассортимента выпускаемой продукции, в том числе повышение пищевой и биологической ценности, а также использование качественного сырья с улучшенными биохимическими и технологическими свойствами.

В современных условиях хозяйствования положительной тенденцией изменения ассортимента выпускаемой продукции является увеличение объема производства продукции, а также длительных сроков хранения (бараночных и сухарных изделий), выпуск диетического хлеба и хлебобулочных изделий.

Следовательно, диверсификация, связанная с расширением ассортимента выпускаемой продукции, влечет за собой создание более современных цехов, что дает возможность использования метода учета затрат по центрам ответственности в общей совокупности происходящих процессов и совершенствования внутреннего контроля.

Основой диверсифицированных процессов должно стать взаимодействие между всеми структурными подразделениями организации путем автоматизации производственной



деятельности, которая повышает надежность и эффективность систем управления при производстве хлеба и хлебобулочных изделий. Следует отметить, что в современных условиях на многих предприятиях предпринимаются попытки автоматизации технологических процессов производства, однако до конца эта проблема не решена на практике хлебопекарных предприятий.

Указанные обстоятельства обуславливают необходимость расширения исследований, посвященных развитию эффективного управления затратами в целях их оптимизации, повышения конкурентоспособности продукции и, в конечном счете, получения прибыли и обеспечения устойчивого финансового состояния хлебопекарных предприятий, что является приоритетным направлением в производственной деятельности. [7,8,9].

Список литературы References

1. Булгакова, С.В. Аналитические инструменты стратегического управленческого учета / С.В. Булгакова // Международный бухгалтерский учет.- 2015. - № 20(362). - С. 51-65.
Bulgakova, S. V. Analytical instruments of strategic management accounting / S. V. Bulgakova//International accounting. - 2015. - No. 20(362). - Page 51-65.
2. Вахрушина, М.А. Проблемы и перспективы развития российского управленческого учета /М.А. Вахрушина //Международный бухгалтерский учет.-2014.-№33(327).- С.12-23.
Vakhrushina, M. A. Problems and prospects of development of the Russian management accounting / M. A. Vakhrushina//International accounting.-2014.-№33(327).-Page 12-23.
3. Костюкова Е.И. Организационно-методические основы функционирования системы управленческого учета / Е.И. Костюкова, Т.А. Башкатова // Международный бухгалтерский учет. – 2011. –№ 36. –с. 12-17.
Kostyukova E. I. Organizational and methodical bases of functioning of system of management accounting / E.I. Kostyukova, T. A. Bashkatov//International accounting. –2011. – No 36. – page 12-17.
4. Новодворский, В.Д. Бухгалтерский учет на малых предприятиях: учеб. / В.Д. Новодворский Р.Л. Сабанин. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2007. – С. 20
Novodvorsky, V.D. Accounting at small enterprises: studies. / V. D. Novodvorsky R. L. Sabanin. – M.: Shopping Mall Velbi, Publishing house Prospectus, 2007. – Page 20
5. Попова Л.В., Маслов Б.Г., Маслова И.А. Основные теоретические принципы построения учетно-аналитической системы // Финансовый менеджмент.- 2003, № 5.
Popova L. V., Maslov B. G., Maslova I. A. Basic theoretical principles of creation of registration and analytical system//Financial management. - 2003, No. 5.
6. Усатова, Л.В. Формирование учетно-аналитической системы на предприятии / Л.В. Усатова // Управленческий учет -2008. -№ 9. – с . 17-25.
Usatova, L.V. Formation of registration and analytical system on enterprise / L.V. Usatova//Management accounting-2008.-№ 9. – page 17-25.
7. Усатова Л.В., Кулигина С.В., Калущкая Н.А., Коваленко С.Н. Учетно-аналитическое обеспечение деятельности предприятий в системе управленческого учета // Управленческий учет. - 2016. - №2. - С. 59-66.
Usatova L. V., Kuligina S. V., Kalutskaya N. A., Kovalenko S. N. Registration and analytical ensuring activity of the enterprises in system of management accounting//Management accounting. - 2016. - No. 2. - Page 59-66.
8. Холоденко, С.В. Теоретические аспекты управленческого учета и его роль в системе управления организаций / С.В. Холоденко // Вестник Института Дружбы Народов Кавказа.– Ставрополь, 2010. – № 4(16).- С. 55- 64.
Holodenko, S. V. Theoretical aspects of management accounting and its role in a control system of the organizations / S. V. Holodenko//the Messenger of Institute of Friendship of the People of the Caucasus. – Stavropol, 2010. – No. 4(16).-Page 55 - 64.
9. Холоденко, С.В. Формирование системы учетно-аналитического обеспечения управления бизнес-процессами хлебопекарных предприятий: автореферат дис. ... кандидата экономических наук. - Ставрополь, 2012. - 23 с.
Holodenko, S. V. Formation of system of registration and analytical ensuring management of business processes of the baking enterprises: abstract yew.... Candidate of Economic Sciences. - Stavropol, 2012. - 23 pages.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК 004.275.56

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

METHODS FOR EVALUATING THE PERFORMANCE OF COMPUTER SYSTEMS

С.А. Сорокин¹, С.М. Чудинов¹, А.П. Сорокин¹, Е.В. Болгова²
S.A. Sorokin¹, S.M. Chudinov¹, A.P. Sorokin¹, E.V. Bolgova²

¹) АО «НИИВК им. М.А. Карцева», 117437, Москва, Профсоюзная ул., 108

¹) «M.A. Kartsev Scientific and Research Institute of Computing Systems», Russia, 117437

²) Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

²) Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: Sergey@prosoft.ru, Chud35@yandex.ru, Bolgova_e@bsu.edu.ru

Аннотация

Представлены методы оценки производительности вычислительных комплексов (платформ) и возможности их использования в автоматизированных системах управления для обработки информации.

Abstract

Methods for evaluating the performance of computer systems (platforms) and the possibility of their use in automated control systems for information processing are presented.

Ключевые слова: вычислительная платформа, оценка производительности вычислительных комплексов, управление параллелизмом операций, характеристики вычислительных комплексов.

Keywords: group computing platform, estimation of computer systems performance, control of operation parallelism, characteristics of computer systems.

Введение

В последние годы широко и все более быстрыми темпами осуществляется разработка, выпуск и внедрение в автоматизированные системы обработки информации и управления, вычислительные центры и вычислительные сети разнообразных многопроцессорных и многомашинных вычислительных систем. Такие вычислительные системы отличаются повышенной гибкостью и характеризуются высокими, а в ряде случаев – рекордными показателями производительности, объемов внутренней памяти, надежности и живучести и называются вычислительными платформами.

Программирование для многопроцессорных и многомашинных систем связано с распараллеливанием и синхронизацией вычислений и с организацией выполнения параллельных вычислительных процессов. Это выдвигает целый ряд сложных задач, среди которых весьма важными являются расчет характеристик времени и количества операций, требующихся для выполнения параллельных программ, и построение расписаний (планов)



выполнения параллельных программ на многопроцессорных и многомашинных вычислительных системах.

В настоящее время в отечественных вычислительных системах типа «Эльбрус» (разработчик и производитель АО «МЦСТ») и вычислительных платформ типа «ГРИФОН» (разработчик и производитель ЗАО «Доломант») широко используются параллельные методы обработки, в связи с этим представляет интерес оценка производительности вычислительных комплексов [Бычков И.Н. и др., 2016] и их возможность использования в автоматизированных системах управления.

Управление параллелизмом операций

Важнейшей особенностью архитектуры «Эльбрус» и «ГРИФОН» является явное указание процессорному ядру параллельно исполняемых операций, при этом анализ независимости и их планирование выполняет компилятор. Это позволяет отказаться от сложной и энергоемкой аппаратуры обеспечения внеочередного исполнения команд, используемой во всех современных универсальных процессорах, и делает осмысленным расширение парка исполнительных устройств и повышение предельной производительности на такт до уровней, превосходящих возможности конкурирующих решений. В первых четырех поколениях процессоров с архитектурой «Эльбрус», включая процессоры Эльбрус-2С+ и Эльбрус-4С, с помощью широкой команды на одном процессорном ядре в каждом такте можно запускать на исполнение: на ациклических участках кода до 16 операций, при выполнении циклов – до 23 операций, 8 64-разрядных вещественных операций. В процессоре Эльбрус-8С уже можно запускать на исполнение до 25 операций и 12 64-разрядных вещественных операций. Для снижения потерь от доступа за данными в память реализован аппаратно-программный механизм асинхронной предварительной подкачки данных в специальные буферные памяти. Специальные операции подготовки переходов обеспечивают возможность эффективно осуществлять переходы без использования предсказателя переходов. Аппаратура поддерживает средства (исполнение под управлением предикатов) программно-управляемого переупорядочивания операций и одновременного исполнения нескольких условных ветвей программы. Наряду с параллелизмом на уровне операций в архитектуре «Эльбрус» и «ГРИФОН» реализован векторный параллелизм за счет операций над упакованными данными. Благодаря этому возможности выполнения 32-разрядных вещественных операций на одном ядре возрастают в 2 раза и позволяют исполнять: на «Эльбрус-2С+» и «Эльбрус-4С» – до 16, а на процессоре «Эльбрус-8С» – до 24 упакованных операций (Флопс). Упакованные операции реализованы также для целочисленных операций. Они находят применение в таких областях, как обработка сигналов, обработка изображений, графика и др. Во вновь разрабатываемых процессорах с архитектурой «Эльбрус» возможности выполнения упакованных операций удваиваются. Процессоры с архитектурой «Эльбрус» поддерживают и расширяют при переходе к новым поколениям параллелизм потоков управления на основе многоядерности. Кроме этого поддерживается параллелизм многопроцессорности на общей памяти с когерентными многоуровневыми кэш-памятями на базе неодинакового времени обращения к общей памяти (NUMA). Все описанные механизмы параллельного исполнения эффективно поддерживаются оптимизирующим компилятором, что позволяет автоматически получать коды, использующие мощное процессорное ядро и другие параллельные возможности архитектуры [Бычков И.Н. и др., 2016; Волконский В.Ю. и др., 2012]. Технологии параллельного исполнения операций с использованием для этого оптимизирующего компилятора находят применение в развитии известных архитектур. Хотя в большинстве универсальных процессоров используется внеочередное аппаратное планирование потока операций, некоторые элементы планирования вычислений с помощью компилятора заложены в архитектуру Sparc64, начиная со Sparc64 V8fx – специального расширения архитектуры Sparc v9 для суперкомпьютеров. Как и в архитектуре «Эльбрус», в этой архитектуре используются большие регистровые файлы, а также возможность закодировать одновременную выборку



сразу двух операций, с помощью которых оптимизирующему компилятору удастся гораздо лучше распараллеливать вычисления, особенно в циклах. Для использования вычислительных платформ в автоматизированных системах необходима разработка оценки их производительности.

Оценка производительности вычислительных комплексов на микропроцессорах с архитектурой «Эльбрус»

Для определения показателей производительности вычислительных модулей и комплексов существуют несколько различных подходов. Оптимальный вариант – применение эталонных тестов для сравнения различных вычислительных модулей и комплексов, входящих в вычислительную платформу.

Примером эталонных тестов являются тестовые пакеты организации SPEC (Консорциум по оценке производительности систем) [SPEC CPU™ 2006], которые измеряют производительность вычислительного комплекса, зависящую от таких факторов, как объем оперативной памяти, конфигурация кэша, количество ядер, и в качестве основной нагрузки используют математические операции, нечувствительные к качеству оптимизаций компилятора.

Другой пример – направленные тесты пакета C++ Performance Benchmarksuite компании *AdobeSystemsInc.*, предназначенные для тестирования архитектурной связки «компилятор – процессорное ядро» [C++ Performance Benchmark suite]. Результаты тестирования позволяют обнаружить недостатки реализации оптимизаций в компиляторе, а также процессорного ядра для архитектур с оптимизацией в режиме исполнения кода, например x86. Специфика тестовых программ данного пакета заключается в том, что на них не влияют объемы оперативной памяти, кэша и количество ядер.

Поскольку оригинальность вычислительных модулей на основе микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» заключается именно в тесной связи процессорного ядра и компилятора, то сравнение производительности таких комплексов с зарубежными аналогами проводилось посредством тестирования с помощью пакета C++ PerformanceBenchmarksuite.

Для сравнения были выбраны вычислительные комплексы на основе микропроцессоров Intel архитектурами x86 и IA-64 (Itanium). Архитектура процессорных ядер IA-64 относится к типу EPIC (explicitly parallel instruction computing) и наряду с архитектурой ядра процессора «Эльбрус» входит в класс архитектур VLIW (very large instruction word). Таким образом, стала возможной оценка особенностей реализации компилятора и процессора.

Для исключения преимущества в производительности из-за более высокой тактовой частоты процессоров Intel были введены поправочные коэффициенты. Также для сопоставимости результатов различных тестов была проведена нормализация по времени.

Характеристики тестируемых вычислительных комплексов на основе микропроцессоров разных архитектур приведены в табл. 1-3.

Таблица 1
Table 1

Характеристики вычислительного комплекса с архитектурой x86 Characteristics of a computational complex with x86 architecture

Характеристики			
Обозначение	1	2	3
Процессор	Intel Core 2 Quad Q9400		Intel Xeon 5160
Микроархитектура	Yorkfield		Woodcrest
Количество ядер, шт.	4		2
Тактовая частота, Гц	2,66		3,00
Объем кэша L1, Мб	6		4
Объем ОЗУ, Гб	4	4	12
Операционная система	Linux 2.6.33	Linux 2.6.27	Linux 2.6.27
Компилятор	GGG 5.2.0	GGG 4.1.2	GGG 4.1.2

Проведенное тестирование показало, что вычислительный комплекс на основе микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» продемонстрировал более высокую производительность (об этом свидетельствует большинство тестов – 24 из 39) по сравнению с зарубежными аналогами, причем iuv тесты пакета C++ PerformanceBenchmarksuite он выполнял быстрее, чем вычислительный комплекс на основе платформы Itanium.

Таким образом, результаты тестовых испытаний доказали, что лучшую реализацию системы «компилятор – процессное ядро» в классе архитектуры VLIW имеет вычислительный комплекс на основе платформы «Эльбрус».

Таблица 2
Table 2

Характеристики вычислительного комплекса с архитектурой IA-64
Characteristics of a computing complex with IA-64 architecture

Характеристики	4	5
Обозначение		
Процессор	IntelItanium 2	
Микроархитектура	Madison	
Количество ядер, шт.	2	
Тактовая частота, Гц	1,60	
Частота FSB, Гц	533	
Объем кэша L2, Мб	9	
Объем ОЗУ, Гб	8	
Операционная система	HP – UX S688816 B.11.31 U	
Компилятор	GGG 4.2.3	HP Acc (HP C/Ac++ b3910b a.06.28)

Таблица 3
Table 3

Характеристики вычислительного комплекса с архитектурой «Эльбрус»
Characteristics of the computer complex with the Elbrus architecture

Характеристики	6	7
Обозначение		
Процессор	Эльбрус-4С	Эльбрус-8С
Микроархитектура	E2K	
Количество ядер, шт.	4	8
Тактовая частота, Гц	0,75	1,20
Объем кэша L2, Мб	8	4
Объем кэша L3, Мб	-	16
Объем ОЗУ, Гб	12	16
Операционная система	Linux 2.6.33	Linux 3.14.53 (314.2.0)
Компилятор	LGG 1.20.09, режим LP64	LGG 1.20.10, совместимый с GGG 4.4.0, режим LP64

Приведенные данные в сравнении позволяют пользователям автоматизированных систем определить необходимый тип вычислительного комплекса для обработки информации. Другим важным направлением использования отечественных платформ для обработки информации является конкретный пример по обработке изображений.

Высокопроизводительная гетерогенная вычислительная платформа

В статье представлены материалы по разработанному отечественному многоцелевому комплексу аппаратно-программных средств (платформа), предназначенном для построения встраиваемых систем и организации высокопроизводительных вычислений, в том числе обработки изображений.

Специально для успешного решения указанных выше ответственных задач в ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ» совместно с АО «НИИВК им. М.А. Карцева» была разработана новая отечественная высокопроизводительная гетерогенная вычислительная платформа (ВГВП), рис. 1 [Галаган П.В., Тумакин Д.А., 2016].



Рис. 1. Внешний вид базового вычислительного блока
 Fig. 1. Appearance of the base computing unit

ВГВП представляет собой универсальную суперкомпьютерную вычислительную платформу для решения задач высокопроизводительных вычислений в жёстких условиях эксплуатации – при критических массогабаритных ограничениях аппаратной части – для решения задач встраиваемого класса.

Большинство задач встраиваемого класса, для которых необходимо применение платформы на мировом рынке отнесены к отдельному сегменту – НРЕС (HighPerformanceEmbeddedComputing), т. е. встроенные высокопроизводительные вычисления (в русской аббревиатуре ВВВ). Сегодня это особый рынок, объединяющий сразу несколько сегментов в один уникальный сегмент со своими потребителями, игроками, прикладными задачами и, конечно, со своими подходами к созданию таких вычислительных систем.

Укрупнённо можно выделить следующие основные принципы создания ВГВП.

1. Открытая архитектура.
2. Массогабаритные ограничения и энергоэффективность.
3. Возможность применения в жёстких условиях эксплуатации.
4. Возможности по созданию многомашинных конфигураций.
5. Низкие задержки и высокоинтенсивный обмен данными между вычислителями.
6. Высокая вычислительная плотность (производительность на кубический сантиметр).

7. Богатые ресурсы ввода-вывода данных, как в цифровом, так и в аналоговом виде.

8. Неоднородность (гетерогенность) вычислительной среды.

ВГВП – изделие отечественного производства, построенное с учётом всех перечисленных подходов и реализующее целостную концепцию многоцелевой высокопроизводительной вычислительной платформы с гетерогенной вычислительной средой для решения задач высокопроизводительных вычислений в жёстких условиях эксплуатации [Иванов М.И., Сорокин С.А., 2017].

Высокопроизводительная гетерогенная вычислительная платформа (ВГВП) позволяет строить и эффективно применять гетерогенные конфигурации. Выбор конкретной гетерогенной конфигурации обусловлен комплексом исходных технических требований, типом данных и режимов их обработки. На базе ВГВП представляется возможным осуществлять конвейерную обработку данных с применением гетерогенной архитектуры. Идея использования гетерогенных вычислительных конвейеров заключается в том, чтобы на каждом этапе последовательной обработки (участке конвейера) обработчик на базе оптимальной для работы с конкретным типом данных архитектурой, выполнив свою работу, передавал бы результат для дальнейшей обработки на следующий участок конвейера для обработки вычислителем – обработчиком другой архитектуры, одновременно принимая новый объем входных данных для следующей итерации цикла конвейерной обработки. При этом большинство задач машинного зрения хорошо поддаются распараллеливанию при обработке данных. Например, каждая видеочасть передает один видеопоток, если таких камер несколько, то для повышения общего быстродействия весьма эффективно разделить конвейер на участки параллельной обработки, где это возможно, получив прирост

производительности. Механизм параллельно-конвейерной обработки является признанным классическим методом повышения быстродействия систем обработки данных, и если структура данных и алгоритм позволяют распараллеливать задачу, то это почти всегда повышает эффективность такой обработки. Так, гетерогенность, архитектурные решения и программные механизмы взаимодействия модулей различной архитектуры позволяют эффективно применять ВГВП для гетерогенной параллельно-конвейерной обработки данных. Рассмотрим возможности ВГВП для организации параллельно-конвейерной обработки данных на примере системы обработки видео высокого разрешения в режиме реального времени. Постановку задачи можно кратко сформулировать следующим образом: требуется в режиме реального времени принять данные от четырех камер высокого разрешения, провести предварительную обработку, передать данные на отдельный обработчик для отработки прикладных алгоритмов компьютерного зрения с дальнейшей передачей результата для принятия решения центральным процессором. Исходя из постановки данной задачи был сконфигурирован аппаратный состав базового вычислительного блока – гетерогенного вычислителя на базе ВГВП – табл. 4, а дополнительные аппаратные средства представлены в табл. 5.

Таблица 4
Table 4

Аппаратный состав гетерогенного вычислителя обработки видео высокого разрешения на базе ВГВП
Hardware composition of heterogeneous high-resolution video processing on the basis of VGVP

Наименование	Описание	Внешний вид	Количество
CPC512	Модуль центрального процессора (может использоваться в микропроцессорах с архитектурой Эльбрус)		1 шт.
FPU500	Модуль ПЛИС		1 шт.
VIM556	Модуль графического процессора		4 шт.
KIC551	Модуль коммутации PCIe		1 шт.
KIC550	Модуль-носитель HDD-накопителя		1 шт.
MIC2003	Мезонинный модуль ввода		1 шт.

Таблица 5
Table 5

Дополнительные аппаратные средства
Additional hardware

Наименование	Количество
Камеры full-hd	4 шт.
3G-SDI-коннекторы	4 шт.
Мониторы	4 шт.

На рис. 2 представлена схема параллельно-конвейерной обработки данных на базе ВГВП.



Рис. 2. Параллельно-конвейерная обработка данных на примере системы обработки видео высокого разрешения в режиме реального времени, построенной на базе ВГВП

Fig. 2. Parallel-pipeline processing of data on the example of a high-resolution video processing system in real time, built on the basis of VGVP

В статье рассмотрены этапы работы конвейера на конкретном примере. Для ввода данных в вычислительный контур сразу от нескольких камер по стандарту 3G-SDI используется мезонинный submodule МИС, монтированный на вычислительный модуль FPU500, что позволяет, во-первых осуществить ввод данных через нестандартные интерфейсы, а во-вторых осуществить ввод «напрямую» (без транзита по общей транспортной шине PCIe) на модуль FPU500 для дальнейшей обработки.

Поступающие на модуль FPU500 кадры видеозображения разрешением 1920x1080 в формате 3G-SDI, далее декодируются и сохраняются в памяти модуля в формате YUV420, организованной в виде кольцевого буфера емкостью 16 кадров для каждой камеры. При очередной записи кадра модуль генерирует прерывание на шине PCIe, по которому управляющая программа на модуле центрального процессора CPC512 выдает команду на копирование кадра из памяти FPU500 в память модуля графического процессора VIM556 по линиям шины PCIe. Один модуль FPU500 может одновременно обслуживать видеопотоки от 4-х видеокamer. На модуле графического процессора VIM556 в режиме реального времени средствами CUDA и компонентами библиотеки OpenCV отрабатываются нужные прикладные алгоритмы: поиск изображения, детектирование движения изображения лавинно-образного типа, дополнительная фильтрация. Далее средствами библиотек OpenGL и XLib прошедший обработку на VIM556 кадр без передачи по PCIe в режиме реального времени отображается на подключенном к модулю VIM556 мониторе. Процесс такой обработки идет по 4 параллельным гетерогенным конвейерам по количеству входных потоков данных – в данном примере задействованы 4 камеры. При этом основная нагрузка делегируется для выполнения средствами модуля на базе ПЛИС FPU500 и модулей графического процессора VIM556. Модуль центрального процессора CPC512 не задействован непосредственно в обработке данных, а выдает только управляющие команды, что существенно снижает его загрузку, высвобождая ресурсы для выполнения другого функционала.

Авторы разработали руководство пользователя модулей FPU500 v2.0. Высокая производительность обработки данных в модуле FPU500 обеспечивается FPGA Virtex-6 фирмы Xilinx и двумя параллельными банками памяти DDR3 SDRAM общим объемом 4 Гигабайт. В качестве загрузчика битстримов для основного FPGA Virtex-6 применяется CPLD CoolRunner II. Действительно, следует особо отметить, что одним из важных преимуществ ВГВП является поддержка режима «каждый с каждым» (peer-to-peer/P2P) при

межмодульном взаимодействии по высокоскоростной шине PCIe. Это позволяет осуществлять пересылку данных от одного вычислительного модуля другому без участия центрального процессора. В данном примере механизмы прямого межмодульного взаимодействия в режиме «каждый с каждым» позволяют высвободить ресурсы центрального процессора и снизить нагрузку на основной транспортный интерконнект по шине PCIe, что на практике позволяет минимизировать время обработки кадра по конвейеру. Важным параметром ВГВП при разработке является производительность. К основным характеристикам производительности конвейера можно отнести следующие параметры:

- конвейерная задержка
- пропускная способность
- уровень загрузки ЦП.

Заключение

Приведенные в статье научные подходы по оценке производительности вычислительных платформ показывают их возможность использования в автоматизированных системах по обработке информации. Приведенные данные обеспечения вычислительных средств показывают их конкурентоспособность по сравнению с иностранными образцами и отражают возможность работ по импортозамещению.

Список литературы

References

1. Бычков И.Н., Молчанов И.А., Фельдман В.М., Юрлин С.В., 2016. Вычислительные комплексы на микропроцессорах с архитектурами «Эльбрус» и SPARC для построения автоматизированных систем управления. Научно-производственный и культурно-образовательный журнал «Качество и Жизнь». Специальный выпуск: 74-80.

Buchkov I.N., Molchanov I.A., Feldman V.M., Yurlin S.V., 2016. Computing systems on microprocessors with "Elbrus" and SPARC architectures for constructing automated control systems. Scientific-production and cultural-educational magazine "Quality and Life". Special issue: 74-80.

2. Волконский В.Ю., Брегер А.В., Бучнев А.Ю., Грабежной А.В., Ермолицкий А.В., Муханов Л.Е., Нейман-заде М.И., Степанов П.А., Четверина О.А., 2012. Методы распараллеливания программ в оптимизирующем компиляторе. Вопросы радиоэлектроники серия ЭВТ, 3: 63-88.

Volkonsky V.Yu., Breger A.V., Buchnev A.Yu., Grabeznoy A.V., Ermolitsky A.V., Mukhanov L.E., Neiman-zade M.I., Stepanov P.A., Chetverina O.A., 2012. Methods of parallelizing programs in an optimizing compiler. Questions of radio electronics series EVT, 3: 63-88.

3. Галаган П.В., Тумакин Д.А., 2016. Высокопроизводительная гетерогенная вычислительная платформа для построения встраиваемых систем. Вопросы радиоэлектроники, 10: 21-31.

Galagan P.V., Tumakin D.A., 2016. High-performance heterogeneous computing platform for building embedded systems. Voprosy radioelektroniki [Questions of radio electronics] 10: 21-31.

4. SPEC CPU™ 2006 [Электронный ресурс]: Standard Performance Evaluation Corporation. URL: <http://www.spes.org/benchmarks.html#cpu> (дата обращения: 29.06.2016).

SPEC CPU 2006 [Electronic resource]: Standard Performance Evaluation Corporation. URL: <http://www.spes.org/benchmarks.html#cpu> (date of circulation: June 29, 2016).

5. C++ Performance Benchmark suite [Электронный ресурс]: Adobe Systems. URL: <https://stlab.adobe.com/performance> [дата обращения: 01.04.2016].

C ++ Performance Benchmark suite [Electronic resource]: Adobe Systems. URL: <https://stlab.adobe.com/performance> [date of circulation: 01/04/2016].

6. Иванов М.И., Сорокин С.А., 2017. Обработка изображений в системе технического зрения с использованием высокопроизводительных вычислительных платформ. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 2(251): 153-160.

Ivanov M.I., Sorokin S.A., 2017. Processing images in the system of technical vision using high-performance computing platforms. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 2(251): 153-160.



УДК 330

**РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИЙ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПОРТФЕЛЯ
ИТ-ПРОЕКТОВ ПРИ СОХРАНЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ ЗАДАННОГО УРОВНЯ
РЕНТАБЕЛЬНОСТИ**

**DEVELOPMENT OF THE ECONOMICMATHematical DYNAMIC MODEL
OF INVESTMENT APPRAISAL REQUIRED FOR THE IMPLEMENTATION
OF THE IT PROJECT PORTFOLIO WHILE MAINTAINING BY THE ENTERPRISE
A GIVEN LEVEL OF PROFITABILITY**

**Г.А. Мамаева¹, В.И. Халимон¹, С.А. Лазарев²
G.A. Mamaeva¹, V.I. Halimon¹, S.A. Lazarev²**

¹ Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
Россия, 190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, 26
¹ St. Petersburg State Technological Institute (technical university),
26 Moskovsky prospect, Saint-Petersburg, 190013, Russia

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
² Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: galina_mamayeva@mail.ru, vihalimon@gmail.com, lsa_2002@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются теоретико-методологические подходы к управлению ИТ-проектами, требующими крупномасштабных инвестиций, обосновано преимущество управления портфелем ИТ-проектов с точки зрения максимальной отдачи от инвестиций в ИТ, рассмотрена экономико-математическая динамическая модель оценки инвестиций, необходимых для реализации портфеля ИТ-проектов, позволяющая определить величину инвестиций на развитие предприятия за счет автоматизации бизнес-процессов, при которой предприятие сохранит заданный уровень рентабельности.

Abstract

The paper deals with theoretical-and-methodological approaches to IT project management that requires large-scale investments, substantiated the advantage of portfolio management of IT projects in terms of maximum return on IT investments. The article proposes an economic-mathematical dynamic model of investment appraisal required for the implementation of the IT project portfolio while maintaining by the enterprise a given level of profitability

Ключевые слова: ИТ-проект, портфель ИТ-проектов, управление инвестициями, модель оценки инвестиций, необходимых для реализации портфеля ИТ-проектов.

Keywords: IT-project, IT-project portfolio, investment management, model of investment appraisal required for the implementation of the IT project portfolio.

Требования повышения финансовой отдачи от бизнеса могут быть реализованы за счет совершенствования и развития информационных технологий (ИТ), что связано с крупномасштабными инвестициями [Алексеева М.Б., Мамаева Г.А., 2012; Бирман Г., Шмидт С., 2003; Блех Ю., Гетце У., 2004; Мамаева Г.А., 2011].

Развитие ИТ осуществляется путем реализации ИТ-проектов.

ИТ-проект – это организационная инициатива, обеспечивающая или продуцирующая ИТ либо связанные с ИТ активы. Каждый ИТ-проект вызывает впоследствии затраты на соответствующую инициативу, предполагает выгоды, являющиеся результатом данной

инициативы, предусматривает расписание работ и контрольные сроки, подвергается рискам, связанным с участием в этой инициативе.

Примерами ИТ-проектов могут быть: внедрение ERP-системы, организация корпоративного хранилища данных, модернизация или внедрение информационной системы или нового программного обеспечения, автоматизация бизнес-процессов, внедрение электронного документооборота, модернизация сетей передачи данных, реорганизация ИТ-подразделения, покупка техники, приобретение или изменение параметров ИТ-услуг и т. п. [Дытыненко П.Н., Чудинов С.М., Ройко Г.А., 2013; Нехотина В.С., 2015].

В настоящее время требования к ИТ возрастают и ужесточается контроль инвестиций, выделяемых на ИТ [Блех Ю., Гетце У., 2004; Константинов И.С., Лазарев С.А., Сергеева Ю.И., 2015].

При этом ИТ-проекты конкурируют с проектами основного производства, реализуемыми предприятием. Кроме того, они начинают конкурировать между собой, обещая свои собственные выгоды и при этом требуя соответствующий объем инвестиций [Путивцева Н.В. и т. д., 2015]. Поэтому отдачу отдельных ИТ-проектов, выбранных априорно, рассматривать недостаточно. Необходимо создать портфель ИТ-проектов, соответствующих стратегии предприятия. Это позволит руководству оптимально расходовать имеющиеся ресурсы для достижения стратегических целей.

Управление ИТ-портфелем отвечает на вопрос "Какие ИТ-проекты являются приоритетными, имеют максимальную ценность для бизнеса?" и относится к этапу стратегического планирования ИТ, а управление ИТ-проектами позволяет правильно управлять этими приоритетными проектами и достигать проектных целей, не нарушая проектных ограничений.

Только за счет эффективного управления портфелем ИТ-проектов возможно добиться максимальной отдачи от инвестиций в ИТ [Мамаева Г.А., 2015а, Мамаева Г.А., 2015б]. Управление портфелем ИТ-проектов дает возможность:

- обеспечить объективный отбор ИТ-проектов;
- установить контроль над всеми ИТ-проектами;
- избежать расхода ресурсов компании на ненужные проекты;
- повысить эффективность использования ресурсов на имеющихся проектах.

Получаемая полезность от реализации портфеля ИТ-проектов превышает полезность от реализации проектов ИТ-портфеля по отдельности, то есть достигается синергетический эффект, который заключается в одновременном достижении наилучших экономических, финансовых и других конечных результатов. Синергетический эффект является следствием совместного использования имеющихся в компании ИТ-ресурсов: серверов, баз данных, сетевого оборудования, ИТ-персонала и т. д.

Рассмотрим экономико-математическую динамическую модель оценки инвестиций, необходимых для реализации портфеля ИТ-проектов, позволяющая определить величину инвестиций на развитие предприятия за счет автоматизации бизнес-процессов, при которой предприятие сохранит заданный уровень рентабельности.

Процесс управления портфелем ИТ-проектов – это циклический процесс управления оптимальным набором проектно-ориентированных инвестиций, дающих максимальную полезность.

Любой ИТ-проект нацелен на достижение результата с помощью выполнения некоторого набора работ или бизнес-операций [Беллман Р., Калаба Р., 1969]. Таким образом, среди работ, выполняемых на предприятии, можно выделить работы, принадлежащие производственным бизнес-процессам, и работы, выполняемые в процессе реализации инвестиционных ИТ-проектов.

Под бизнес-операцией или работой будем понимать совокупность действий, процедур, составляющих содержание одного акта бизнес-деятельности, например: ввод

данных, операции по купле-продаже товаров и услуг (заключение договора, заказ товара/услуги, выставление счетов, оплата операции по контролю и согласованию исправлений в учетных данных и др).

Пусть задано множество товаров, выпускаемых предприятием, I ($i \in I$) и множество (портфель) инвестиционных ИТ-проектов K ($k \in K$), которые осуществляет предприятие одновременно с выполнением производственной программы. Для производства каждого товара i определен бизнес-процесс, в котором последовательность выполнения работ $J_i \subset J$ фиксирована.

Каждая работа характеризуется датой начала и окончания ее выполнения, заданной относительно начала бизнес-процесса, а также издержками и доходом, который может быть получен по окончании ее выполнения.

Для описания технологии выполнения работ по каждому бизнес-процессу введем некоторую функцию $x_{i,j}(t)$, принимающую следующие значения:

- $x_{i,j}(t) = 0$, если в период t при производстве товара i не выполняется работа j ;
- $x_{i,j}(t) = 1$, если в период t при производстве товара i выполняется работа j .

В дальнейшем функцию $x_{i,j}(t)$ будем называть расписанием работ бизнес-процесса товара i , которая позволит учесть распределение издержек $c_{i,j}$ по времени для работы j и товару i .

Тогда бизнес-процессу по производству товара i можно определить:

- дату начала работы j_i как $a_{i,j} = \min\{t \mid x_{i,j}(t) = 1\}$;
- дату окончания работы j_i как $b_{i,j} = \max\{t \mid x_{i,j}(t) = 1\}$.

И в целом для бизнес-процесса по производству товара i :

- дата начала выполнения бизнес-процесса $a_i = \min\{a_{i,j}\}$;
- дата окончания выполнения бизнес-процесса $b_i = \max\{b_{i,j}\}$.

Будем считать, что при заданной технологии выполнения работ по каждому товару каждая последующая работа не может начаться раньше, чем предшествующая. При этом для последовательности работ бизнес-процесса по каждому товару i выполняется соотношение $a_{i,j+1} = b_{i,j}$ для $\forall j, (j+1)_i \in J_i$, т. е. работы выполняются без перерывов.

Функция расписания позволяет учесть распределение издержек $c_{i,j}$ по времени для работы j и товару i .

В инвестиционных ИТ-проектах каждая работа, составляющая ИТ-проект, характеризуется только издержками $c_{k,j}$, а доходы начинают поступать только после завершения ИТ-проекта и начала выполнения производственной программы, в которой фигурируют новые или модернизированные за счет автоматизации бизнес-процессы.

Для описания технологии по каждому инвестиционному ИТ-проекту введем функцию выполнения работ, составляющих проект, $x_{k,j}(t)$, принимающую следующие значения:

- $x_{k,j}(t) = 0$, если в период t не выполняется работа j ИТ-проекта k ;
- $x_{k,j}(t) = 1$, если в период t выполняется работа j ИТ-проекта k .

В дальнейшем функцию $x_{k,j}(t)$ будем называть расписанием работ j инвестиционного ИТ-проекта k .

Тогда по инвестиционному ИТ-проекту k можно определить:

- дату начала работы j_k как $a_{k,j} = \min\{t \mid x_{k,j}(t) = 1\}$;
- дату окончания работы j_k как $b_{k,j} = \max\{t \mid x_{k,j}(t) = 1\}$.

И в целом для ИТ-проекта:

- дата начала выполнения ИТ-проекта $a_k = \min\{a_{k,j}\}$;

- дата окончания выполнения ИТ-проекта $b_k = \max \{ b_{k,j} \}$.

На этапе стратегического планирования требуется определить величину инвестиций, необходимую для реализации портфеля инвестиционных ИТ-проектов.

Считаем, что для портфеля инвестиционных ИТ-проектов K ($k \in K$) заданы даты их ввода в эксплуатацию, т.е. даты окончания инвестиционных проектов b_k , а также их продолжительность τ_k . Тогда самая поздняя возможная дата начала инвестиционных проектов равна $a_k = b_k - \tau_k$.

Каждому инвестиционному ИТ-проекту $\forall k \in K$ по товару $\forall i \in I$ может быть задан перечень работ бизнес-процессов, подлежащих автоматизации, которые в случае успешного завершения ИТ-проекта будут заменены на более эффективные. Поскольку предлагаемая модель предполагает переход бизнес-процессов из состояния «как есть» к состоянию «как должно быть», для множества ИТ-проектов $\forall k \in K$ необходимо задание совокупности работ бизнес-процессов $\{J_i\}_k$, предшествующих реализации проектов ИТ-портфеля, и совокупность работ бизнес-процессов $\{J_i\}^k$, идущих на смену по окончании реализации всех ИТ-проектов портфеля.

Кроме того, согласно производственной программе, задан календарный план выпуска каждого товара $\forall i \in I$, т. е. заданы величины $\{a_{i,j}, b_{i,j}\}_{i,j}$ для $\forall J_i \in \{J_i\}_k$. Для задания критерия задачи определим функцию прибыли для каждого периода

$$D_t = \left| \sum_{i \in I} \sum_{j_i \in J_i} (d'_{i,j}(t) - c'_{i,j}(t)) x_{i,j}(t) - \sum_{k \in K} \sum_{j_k \in J_k} c'_{k,j}(t) x_{k,j}(t) \right|,$$

где величины $d'_{i,j}(t)$, $c'_{i,j}(t)$, $c'_{k,j}(t)$ представляют доходы и издержки, приведенные к периоду t в соответствующей модели бизнес-процесса с учетом заданной интенсивности выполнения операций.

Следовательно, задача заключается в определении очередности выполнения инвестиционных ИТ-проектов $\{a_{k,*}\}$ для заданного множества ИТ-проектов K при минимизации объема привлекаемых инвестиций, т. е. чтобы функционал, характеризующий разность между доходами и издержками организации при выполнении производственной программы и реализации инвестиционных проектов $F = \sum_{t \in T} D_t \rightarrow \min$ достигал минимума при выполнении ограничения на заданную рентабельность r_0 выполняемых эксплуатационных работ.

Для выполнения ограничения по рентабельности необходимо, чтобы предприятие работало безубыточно в каждом периоде, т.е. для каждого периода $\forall t \in T$ выполнялось условие неотрицательности поступления доходов

$$p_t = \sum_{i \in I} \sum_{j_i \in J_i} (d'_{i,j}(t) - c'_{i,j}(t)) x_{i,j}(t) > 0.$$

При выполнении этого условия ограничение по рентабельности имеет вид:

$$r_t = \frac{p_t}{\sum_{i \in I} \sum_{j_i \in J_i} c'_{i,j}(t) x_{i,j}(t)} \geq r_0.$$

Показатель рентабельности r_0 является параметром, и определение его значения является отдельной задачей, которая решается в комплексе с данной и призвана обеспечить возврат привлекаемых кредитных ресурсов.

Сроки окончания инвестиционных проектов $a_k + \tau_k$ не должны превосходить заданных b_k , т. е. $a_k + \tau_k \leq b_k$ для $\forall J_k$.

Для оценки необходимой величины инвестиций воспользуемся формулой

$$D'_t = \sum_{i \in I} \sum_{j_i \in J_i} (d'_{i,j}(t) - c'_{i,j}(t)) x_{i,j}(t) - \sum_{k \in K} \sum_{j_k \in J_k} c'_{k,j}(t) x_{k,j}(t).$$

Тогда общая потребность в привлечении инвестиций будет равна

$$C = -\sum_{t \in T} \{D'_t | D'_t < 0\}.$$

Обслуживание кредита в зависимости от его величины, сравнительной эффективности внедряемых технологий и длительности сроков окупаемости может осуществляться за счет:

- текущих поступлений из прибыли организации, если рентабельность организации находится на достаточно высоком уровне;
- после ввода в строй новых технологий и роста в связи с этим рентабельности и прибыли.

Эти схемы достаточно широко известны и не представляют большого интереса.

Список литературы References

1. Алексеева М.Б., Мамаева Г.А., 2012. Анализ влияния информационных технологий на эффективность бизнеса. Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. 6: 92-102.
Alekseeva M.B., Mamaeva G.A., 2012. Analysis of information technology impact on the business value. Vestnik INZhJeKONa. Economic. 6: 92-102.
2. Бирман Г., Шмидт С., 2003. Капиталовложения: Экономический анализ инвестиционных проектов. Перевод с английского под ред. Л.П. Белых. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ-ДАНА, 631.
Birman G., Schmidt S., 2003. Kapitalovlozhenija: Jekonomicheskij analiz investicionnyh proektov [Investments: Economic analysis of investment projects] Moscow, Banks and stock exchanges, YUNITI-DANA, 631. (in Russian)
3. Беллман Р., Калаба Р., 1969. Динамическое программирование и современная теория управления. Пер. с англ. М.: Наука, 120.
Bellman R., Kalaba R., 1969. Dinamicheskoe programmirovanie i sovremennaja teorija upravlenija [Dynamic programming and modern control theory]. Moscow, Nauka, 120. (in Russian)
4. Блех Ю., Гетце У., 2004. Инвестиционные расчеты. Ю. Блех, У. Герце: Перевод с немецкого/ Под редакцией к.э.н. А. М. Чуйкина, Л. А. Галютина. Калининград: Янтарный сказ, 437.
Bleh Ju., Getce U., 2004. Investicionnyye raschety [Investment calculations] Kaliningrad: Yantarny Skaz, 437. (in Russian)
5. Дытыненко П.Н., Чудинов С.М., Ройко Г.А., 2013. Информационное обеспечение отбора инновационных проектов. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 15(158): 179-185.
Dytynenko P.N., Chudinov S.M., Rojko G.A., 2013. Information support for selection innovative projects. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies] 15(158): 179-185. (in Russian)
6. Константинов И.С., Лазарев С.А., Сергеева Ю.И., 2015. Описание жизненного цикла проекта создания сложного инновационного изделия на основе компонентно-ориентированного подхода. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 19(216): 78-85.
Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Sergeyeva J.I., 2015. Description of the project lifecycle for creation the complex innovation products on the basis of the component-oriented approach. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 19(216): 78-85. (in Russian)
7. Мамаева Г.А., 2011. ИТ-проект как форма управления инвестициями в информационные технологии. Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. 5: 97-103.
Mamaeva G.A., 2011. IT-project as a form of information technology investment management. Vestnik INZhJeKONa. Economic. 5: 97-103.
8. Мамаева Г.А., 2015а. Модель календарного планирования реализации проектов инвестиционного ИТ-портфеля. Теоретические и практические аспекты развития современной науки. Материалы XV международной научно-практической конференции. Научно-информационный издательский центр "Институт стратегических исследований": 99-102.
Mamaeva G.A., 2015a. Model of calendar planning for the implementation of projects of the investment IT-portfolio. Theoretical and practical aspects of the development of modern science. Materials of the XV International Scientific and Practical Conference. Scientific and Information Publishing Center "Institute for Strategic Studies": 99-102.

9. Мамаева Г.А., 2015б. Основные принципы повышения эффективности инвестиций в ИТ-проекты. Теоретические и практические аспекты развития современной науки. Материалы XV международной научно-практической конференции. Научно-информационный издательский центр "Институт стратегических исследований": 102-106.

Мамаева G.A., 2015b. Basic principles of increasing the effectiveness of investments in IT-projects. Theoretical and practical aspects of the development of modern science. Materials of the XV International Scientific and Practical Conference. Scientific and Information Publishing Center "Institute for Strategic Studies": 102-106.

10. Нехотина В.С., 2015. Информационная модель исследования эффективности ИТ-проектов. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 13(210): 114-121.

Nekhotina V.S., 2015. Information model of research of efficiency of IT projects. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 13(210): 114-121. (in Russian).

11. Путивцева Н.В., Игрунова С.В., Мигаль Л.В., Тайлакова Д.С., Гурьянова И.В., 2015. Разработка программной поддержки принятия решений для выбора инвестиционных проектов. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 1(198): 111-117.

Putivceva N.V., Igrunova S.V., Migal' L.V., Tajlakova D.S., Gur'janova I.V., 2015. Development of software for decision making support for choice of investment projects. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies] 1(198): 111-117.

УДК 004.032.26

О ПРИМЕНЕНИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ**ON THE NEURAL NETWORKS APPLICATION FOR SOLVING OF PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS****А.Н. Коваленко, А.А. Черноморец, М.А. Петина
A.N. Kovalenko, A.A. Chernomorets, M.A. Petina**Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru

Аннотация

В работе рассматриваются методы решения дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП) с использованием радиально-базисных нейронных сетей (RBF-сети), сетей прямого распространения и модифицированной нейронной сети. Проанализированы точность полученных результатов, простота реализации и эффективность нейронных сетей различного типа.

Abstract

In this paper, we consider the methods of solving of the partial differential equations (PDE) using radial-basis neural networks (RBF-networks), networks of direct propagation and a modified neural network are considered. The accuracy of the results obtained, the ease of implementation and efficiency of neural networks of various types are analyzed.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения в частных производных, нейронные сети, радиально-базисные функции, перцептрон, рекуррентная нейронная сеть.

Keywords: partial differential equations, neural networks, radial basis functions, perceptron, feed-forward neural network.

Применение дифференциальных уравнений играет важную роль в различных областях техники и науки. Традиционные численные алгоритмы решения дифференциальных уравнений либо не позволяют достичь необходимой точности результата, либо требуют большого времени для своей работы. Поэтому, в настоящее время разрабатываются новые методы решения дифференциальных уравнений. Особый интерес представляет применение нейросетевого подхода. Эффективность использования нейронных сетей для решения дифференциальных уравнений основана на ряде свойств нейросетей [Корсунов Н.И. 2014; Васильев А.Н. 2009].

Важной особенностью нейросетевого подхода является устойчивость нейросетевой модели по отношению к ошибкам в данных, а именно неточностям в задании коэффициентов уравнений, граничных и начальных условий, возмущениям границы, погрешностям вычислений [Васильев А.Н. 2015].

Другим важным моментом является возможность распараллеливания решения задачи и возможность использования набора сетей, в том числе сетей разного типа.

В настоящее время одними из наиболее распространенных типов нейронных сетей, используемых для решения дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП) являются радиально-базисные нейронные сети (RBF-сети), сети прямого распространения (многослойный перцептрон) и модифицированные нейронные сети.

Выбор типа сети, ее структуры и методов обучения определяется свойствами коэффициентов рассматриваемой задачи решения ДУЧП. В задачах с гладкими коэффициентами успешно применяются RBF-сети, в задачах с негладкими коэффициентами, разрывными решениями более предпочтительным является использование персептрона. В нестационарных задачах могут использоваться рекуррентные сети, они могут применяться и в стационарной ситуации для составных областей сложной формы с алгоритмами обучения сети типа альтернирующего метода Шварца [Васильев А.Н. 2004].

В настоящее время получили распространение методы решения ДУЧП с применением радиально-базисных функций (RBF) [Яничкина Е.В. 2006]. Эти методы могут быть эффективно реализованы в радиально-базисных нейронных сетях (RBFNN).

Радиально-базисная нейронная сеть состоит из трёх слоёв: входной слой, на который подаётся входной сигнал – вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, скрытый слой, состоящий из нейронов радиального типа и выходной слой, осуществляющий взвешенное суммирование результата работы скрытого слоя. Структура радиальной нейронной сети представлена на рисунке 1.

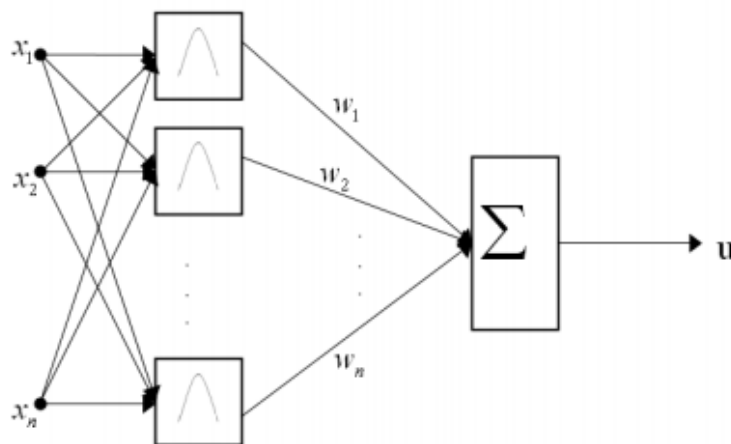


Рис. 1. Структура радиально-базисной нейронной сети
Fig. 1. Structure of radial-basis neural network

Скрытый слой преобразует входной вектор X , используя различные радиально-базисные функции. Для создания эффективно функционирующей сети используют различные виды радиально-базисных функций RBF, наиболее часто используемыми являются мультиквадрат (MQ)

$$\phi = (r^2 + a^2)^{n/2}, n = -1, 1, 2, 3, \dots$$

и функция Гаусса, имеющая для k -го нейрона следующий вид:

$$\varphi_k(X) = \exp(-r_k^2 / a_k^2), \quad (1)$$

где

$$r_k = \|X - C_k\|;$$

X – входной вектор; r_k – радиус, C_k – вектор координат центра RBF; a – параметр функции, называемый шириной.

Выходной слой сети представляет линейный сумматор – значение выхода сети u определяется соотношением:

$$u = \sum_{k=1}^N w_k \varphi_k(X), \quad (2)$$

где w_k – вес, связывающий выходной нейрон с k -м нейроном скрытого слоя.

Выражение (2) соответствует применению метода коллокации для аппроксимации функций и решения дифференциальных уравнений.

При решении ДУЧП нейронная сеть RBFNN реализуется следующим образом.

На вход сети подаются координаты точек области (точек коллокации) $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, N – размерность пространства. При этом часть точек располагается внутри области, а часть на ее границе.

Радиальная функция каждого нейрона характеризуется следующими параметрами: центром $c^i = (c_1^i, c_2^i, \dots, c_n^i)$ и шириной $a^i > 0$, которые уточняются в процессе обучения. Центры в общем случае могут не совпадать с точками коллокации.

Каждый нейрон радиально-базисного слоя выполняет нелинейное преобразование $\phi^{(i)}$, аргументом которого является расстояние от точки x до соответствующего центра c^i .

Обучение сети сводится к нахождению неизвестных параметров w, a, c .

При решении дифференциальных уравнений в частных производных возникает вопрос о расстановке центров c_k радиально-базисных функций RBF. Местоположение точек коллокации может отличаться от местоположения центров RBF, для регулярной области удобно располагать центры в узлах сетки или распределять случайным образом. Один из вариантов – расположение основного количества нейронов на границе области, и некоторого количества – внутри и вне области. Вариант корректировки расположения центров во время обучения сети дает лучшие результаты.

Вопрос о количестве нейронов можно решать экспериментально, либо производить постепенное наращивание сети (неоднократно вставляя узел в той точке области, компонент функционала ошибки которой наибольший). Рекомендуется использовать RBF-сети с различными типами функций активации нейронов. Следует указать отсутствие строгих рекомендаций, определяющих выбор типа RBF при добавлении нового узла. Выбор таких функций требует наличия опыта. При этом следует в максимальной степени учитывать особенности данной задачи, моделирующей конкретный физический процесс [Горбаченко В.И. 2007].

Задача обучения радиальной сети ставится как задача аппроксимации некоторой функции $g : X \rightarrow Y$, которая задана обучающей выборкой $(X^k, d^k), k = 1, 2, \dots, p$.

Как правило, процесс обучения радиально-базисной нейронной сети состоит из двух этапов:

- поиск весов нейрона выходного слоя;
- подбор координат центров и весовых матриц для базисных функций.

Каждый из этапов обучения проводится при фиксированных значениях параметров сети, модифицируемых на другом этапе, поэтому обычно рассматриваются различные комбинации использования алгоритмов поиска для разных этапов.

Для радиально-базисных нейронных сетей в большинстве случаев используют градиентный и гибридный алгоритмы обучения сети [Горбаченко В. И. 2007].

Достоинством применения радиально-базисных нейронных сетей является возможность эффективной реализации не только на специальных параллельных вычислительных структурах, но и на компьютерах традиционной архитектуры.

Для решения ДУЧП также используется нейронная сеть прямого распространения, для обучения которой обычно применяют метод обратного распространения ошибок для минимизации функции ошибки и модификации параметров (весов и смещений) [Mall S., Chakraverty S., 2013]. На рисунке 2 представлена трехслойная архитектура нейронной сети прямого распространения.

Число нейронов в скрытом слое определяется экспериментальным путем. На рисунке 2 показана нейросетевая модель, в которой входной слой состоит из одного элемента, выходной слой также состоит из одного выходного элемента.

Количество элементов в скрытом слое фиксируется в зависимости от степени полинома, который необходимо учитывать. Если рассматривается полином n -й степени, то число узлов в скрытом слое будет $n + 1$, а коэффициенты многочлена можно рассматривать

как начальные веса от входа до скрытого слоя, а также от скрытого до выходного слоя или как произвольную комбинацию случайных и регрессионных весов.

Архитектура сети, основанная на использовании полинома пятой степени, показана на рисунке 2, шесть коэффициентов принимаются в качестве начальных весов в два этапа: от входа до скрытого слоя и от скрытого слоя до выходного слоя. Константы многочлена берутся в качестве начальных весов для шести узлов в скрытом слое.

Функция активации нейронов скрытого слоя – сигмоидальная функция следующего вида:

$$\sigma(x) = 1/(1 + e^{-x}). \quad (3)$$

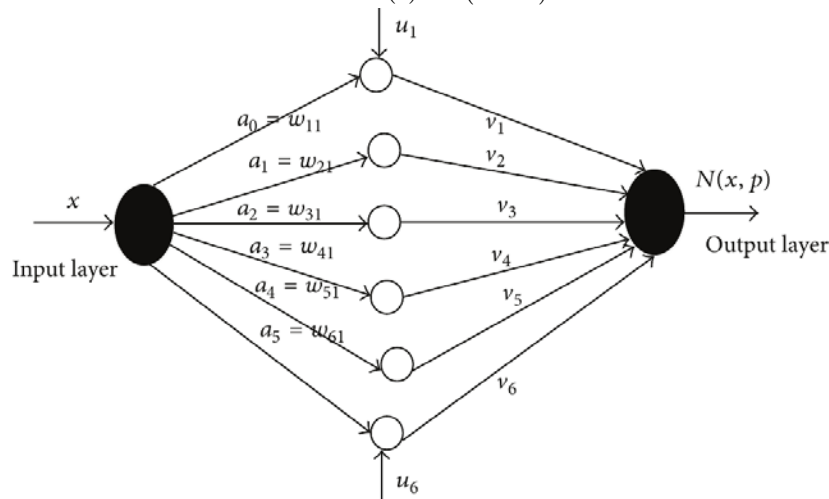


Рис. 2. Трехслойная архитектура нейронной сети прямого распространения

Fig. 2. Three-layer architecture of a Feed-forward neural network

Для обучения нейронной сети прямого распространения используется алгоритм обратного распространения ошибки. Веса принимаются как произвольные, так и регрессионные для сравнения метода обучения.

В качестве примера использования нейронной сети прямого распространения для решения ДУЧП рассмотрим решение дифференциального уравнения второго порядка [Mall S., Chakraverty S., 2013]:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = f\left(x, \psi, \frac{d\psi}{dx}\right), x \in [a, b], \quad (4)$$

с начальными условиями

$$\psi(a) = A \quad \psi'(a) = A'.$$

Решение искусственной нейронной сети (ANN) можно представить как:

$$\psi_t(x, p) = A + A'(x - a) + (x - a)^2 N(x, p), \quad (5)$$

где $N(x, p)$ – нейронный выход сети прямого распространения с одним входным элементом x с параметрами p , $\psi_t(x, p)$ – пробное решение, которое удовлетворяет начальным условиям.

Функция минимума ошибок для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка имеет вид

$$E(p) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{d^2\psi_t(x_i, p)}{dx^2} - f\left(x_i, \psi_t(x_i, p), \frac{d\psi_t}{dx}\right) \right)^2, \quad (6)$$

Применим следующее правило обновления весов от входного до скрытого слоя:

$$w_{ji}^{r+1} = w_{ji}^r - \eta \left(\frac{\partial E}{\partial w_{ji}^r} \right), \quad (7)$$

где

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}^r} = \frac{\partial}{\partial w_{ji}^r} \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{d^2\psi_t(x_i, p)}{dx^2} - f\left[x_i, \psi_t(x_i, p), \frac{d\psi_t}{dx}\right] \right)^2 \right). \quad (8)$$

В качестве примера рассмотрим обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка [Mall S., Chakraverty S., 2013]:



$$\frac{d\psi}{dx} + \left(x + \frac{1+3x^2}{1+x+x^3} \right) \psi = x^3 + 2x + x^2 \left(\frac{1+3x^2}{1+x+x^3} \right), \tag{9}$$

$x \in [0,1]$

с начальным условием $\psi(0)=1$.

Пробное решение записывается так:

$$\psi_i(x, p) = 1 + xN(x, p). \tag{10}$$

Для решения уравнения (9) используем нейронную сеть (рис. 2) для 20 равноудаленных точек на отрезке [0,1] и сравним результаты, полученные аналитическим способом с вычислениями, полученными с помощью нейросети с произвольными и регрессионными весами с четырьмя, пятью и шестью нейронами в скрытом слое.

Сравнение аналитических и нейронных результатов с произвольными и регрессионными весовыми коэффициентами приведено в таблице 1 [Mall S., Chakraverty S., 2013]. Результаты аналитического решения приведены во второй колонке. Результаты, полученные с помощью нейросети для произвольных весов $w(A)$ (от входа до скрытого слоя) и $v(A)$ (от скрытого до выходного слоя) с четырьмя, пятью и шестью нейронами приведены в третьем, пятом и седьмом столбцах. Аналогично, результаты нейронов с весами регрессии $w(R)$ (от входа до скрытого слоя) и $v(R)$ (от скрытого до выходного слоя) с четырьмя, пятью и шестью узлами приведены в четвертом, шестом и девятом столбцах.

Таблица 1
Table 1

Результаты аналитического решения и с использованием нейронной сети с произвольными и регрессионными весами

The results of the analytical solution and using a neural network with arbitrary and regression scales

Входные данные	Аналитическое решение	Результаты нейросети							
		w(A), v(A) (четыре)	w(R), v(R) (четыре)	w(A), v(A) (пять)	w(R), v(R) (пять)	w(A), v(A) (шесть)	Отклонение %	w(R), v(R) (шесть)	Отклонение %
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	0.00
0.05	0.9536	1.0015	0.9998	1.0002	0.9768	0.9886	3.67	0.9677	1.47
0.10	0.9137	0.9867	0.9593	0.9498	0.9203	0.9084	0.58	0.9159	0.24
0.15	0.8798	0.9248	0.8986	0.8906	0.8802	0.8906	1.22	0.8815	0.19
0.20	0.8514	0.9088	0.8869	0.8564	0.8666	0.8587	0.85	0.8531	0.19
0.25	0.8283	0.8749	0.8630	0.8509	0.8494	0.8309	0.31	0.8264	0.22
0.30	0.8104	0.8516	0.8481	0.8213	0.9289	0.8013	1.12	0.8114	0.12
0.35	0.7978	0.8264	0.8030	0.8186	0.8051	0.7999	0.26	0.7953	0.31
0.40	0.7905	0.8137	0.7910	0.8108	0.8083	0.7918	0.16	0.7894	0.13
0.45	0.7889	0.7951	0.7908	0.8028	0.7948	0.7828	0.77	0.7845	0.55
0.50	0.7931	0.8074	0.8063	0.8007	0.7960	0.8047	1.46	0.7957	0.32
0.55	0.8033	0.8177	0.8137	0.8276	0.8102	0.8076	0.53	0.8041	0.09
0.60	0.8200	0.8211	0.8190	0.8362	0.8246	0.8152	0.58	0.8204	0.04
0.65	0.8431	0.8617	0.8578	0.8519	0.8501	0.8319	1.32	0.8399	0.37
0.70	0.8731	0.8896	0.8755	0.8685	0.8794	0.8592	1.59	0.8711	0.22
0.75	0.9101	0.9281	0.9231	0.9229	0.9139	0.9129	0.31	0.9151	0.54
0.80	0.9541	0.9777	0.9613	0.9897	0.9603	0.9755	2.24	0.9555	0.14
0.85	1.0053	1.0819	0.9930	0.9956	1.0058	1.0056	0.03	0.9948	1.04
0.90	1.0637	1.0849	1.1020	1.0714	1.0663	1.0714	0.72	1.0662	0.23
0.95	1.1293	1.2011	1.1300	1.1588	1.1307	1.1281	0.11	1.1306	0.11
1.00	1.2022	1.2690	1.2195	1.2806	1.2139	1.2108	0.71	1.2058	0.29

Результаты, приведенные в таблице 1, показывают, что увеличение количества нейронов в скрытом слое с 4 до 6 позволяет улучшить результаты вычислений. Дальнейшее увеличение количества нейронов нейросети не улучшает полученных результатов [Mall S., Chakraverty S., 2013].

Для решения дифференциальных уравнений в частных производных также используется подход, основанный на модифицированной искусственной нейронной сети и методе оптимизации [Еман А. Хуссиан, 2015].

Использование модифицированной искусственной нейронной сети позволяет выбирать точки обучения на открытом интервале без обучения сети в диапазоне начальных и конечных точек.

Таким образом, объем вычислений, включающий вычислительную ошибку, уменьшается. Учебные точки в зависимости от расстояния, выбранного для обучения нейронной сети, преобразуются в аналогичные точки в открытом интервале с использованием подхода на основе модифицированной искусственной нейронной сети, затем сеть обучается в этих похожих областях.

Рассматриваемый метод основан на замене каждого x во входном векторе (обучающий набор) $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n), x_j \in [a, b]$ многочленом первой степени. Для этого используется функция:

$$Q(x) = \varepsilon(x+1), \varepsilon \in (0,1) \quad (11)$$

Тогда входным вектором будет следующий вектор $(Q(x_1), Q(x_2), \dots, Q(x_n)), Q(x_i) \in (a,b)$.

Использование модифицированной искусственной нейронной сети позволяет выбирать точки обучения на открытом интервале (a, b) без обучения нейронной сети в диапазоне первой и конечной точек.

Для заданного входного вектора $(x_1, x_2, \dots, x_n), x_j \in [a, b]$ выход модифицированной искусственной нейронной сети равен:

$$N = \sum_{i=1}^H v_i s(z_i), \quad (12)$$

где

$$z_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} Q(x_j) + b_i \text{ и } Q(x_i) = \varepsilon(x_i + 1), \varepsilon \in (0,1) \text{ и } x_i \in [a, b], \text{ тогда } Q(x_i) \in (a,b)$$

$$\frac{\partial N}{\partial v_i} = s(W_{ij} Q(x_j) + b_i) = s(\varepsilon(x_j + 1)W_{ij} + b_i)$$

$$\frac{\partial N}{\partial b_i} = v_i s'(W_{ij} Q(x_i) + b_i) = v_i s'(\varepsilon(x_j + 1)W_{ij} + b_i) \quad (13)$$

$$\frac{\partial N}{\partial w_{ij}} = v_i Q(x_j) s'(W_{ij} Q(x_j) + b_i) = Q(x_j) s'(\varepsilon(x_j + 1)W_{ij} + b_i)$$

На рисунке 3 представлена архитектура модифицированной нейронной сети. Нейросетевая архитектура представляет собой нейронную сеть прямого распространения с двумя входами (принимающими координаты x и y каждой точки), 10 элементами на скрытом слое и одним линейным выходным элементом [Еман А. Хуссиан, 2015].

Входной сигнал в скрытый слой равен:

$$Net_j = xw_{j1} + yw_{j2} + B_j, j = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

где w_{j1} и w_{j2} - весовые коэффициенты от входного слоя до элемента j в скрытом слое, B_j - j -е смещение для j -го элемента в скрытом слое. Выходной сигнал скрытого слоя равен:

$$Z_j = s(net_j), j = 1, 2, \dots, m. \quad (15)$$

Выходной сигнал выходного нейрона равен выходу:

$$N = \sum_{j=1}^m V_j Z_j. \quad (16)$$

Для модифицированной нейронной сети (MANN) уравнение (14) будет иметь вид:

$$net_j = Q(x)w_{j1} + Q(y)w_{j2} + B_j = \varepsilon(x+1)w_{j1} + \varepsilon(y+1)w_{j2} + B_j \quad (17)$$

$$Z_j = s(\varepsilon(x+1)w_{j1} + \varepsilon(y+1)w_{j2} + B_j) \quad (18)$$

$$N = \sum_{j=1}^m V_j s(\varepsilon(x+1)w_{j1} + \varepsilon(y+1)w_{j2} + B_j) \quad (19)$$

где $j = 1, 2, \dots, m, \varepsilon \in (0,1)$ и $Q(x), Q(y) \in (a,b)$.

Далее рассматриваются некоторые численные результаты решения ряда модельных задач. Используется нейронная сеть с архитектурой, приведенной на рисунке 3. Функцией активации является гиперболический тангенс:

$$s(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}. \tag{20}$$

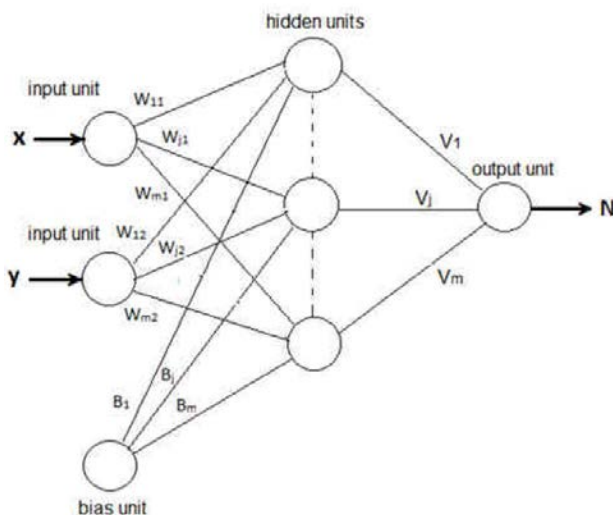


Рис. 3. Архитектура модифицированной нейронной сети прямого распространения
 Fig. 3. The architecture of the modified Feed-forward neural network

Для каждой тестовой задачи аналитическое решение $u_a(\bar{x})$ было известно заранее, поэтому проверить точность полученных результатов можно при помощи вычисления отклонения: $\Delta u(\bar{x}) = |u(\bar{x}) - u_a(\bar{x})|$.

Для минимизации функции ошибки использован квазиньютоновский метод. Проведено [Еман А. Хуссиан, 2015] сравнение между обычной искусственной нейронной сетью (UANN) и модифицированной искусственной нейронной сетью (MANN) на основе числовых результатов, полученных ранее. Результаты решения представлены в таблице 2 [Еман А. Хуссиан, 2015].

Таблица 2
 Table 2

Результаты решения, полученные обычной искусственной нейронной сетью (UANN) и модифицированной искусственной нейронной сетью (MANN)
Solution results obtained by a conventional artificial neural network (UANN) and a modified artificial neural network (MANN)

x	y	$u_a(x,y)$	UANN $u_i(x,y)$	ошибка	MANN $u_i(x,y)$	ошибка
0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.1	0.008537828	0.008525483	0.000012345	0.008537786	0.000000042
0.2	0.2	0.034097183	0.034074725	0.000022458	0.034097144	0.000000039
0.3	0.3	0.076183058	0.076231065	0.000048007	0.076183619	0.000000561
0.4	0.4	0.132865960	0.132947134	0.000081174	0.132866552	0.000000592
0.5	0.5	0.199152886	0.198921655	0.000231231	0.199153514	0.000000628
0.6	0.6	0.264808483	0.264353083	0.000455400	0.264809191	0.000000708
0.7	0.7	0.311834910	0.311176780	0.00065813	0.311835847	0.000000937
0.8	0.8	0.312025528	0.312814326	0.000788798	0.312019907	0.000005621
0.9	0.9	0.225309818	0.225765479	0.000455661	0.225305948	0.000003870
1	1	0	0	0	0	0

Из представленных результатов видно, что модифицированная искусственная нейронная сеть дает лучшие результаты и лучшую точность по сравнению с обычной искусственной нейронной сетью. Данный метод может эффективно обрабатывать все типы дифференциальных уравнений с частными производными и обеспечивать точное приближенное решение во всей области, а не только на обучающем множестве [Еман А. Хуссиан, 2015].

Радиально-базисные нейронные сети в отличие от сигмоидальных (многослойный персептрон) обладают большей простотой и эффективностью. Важное достоинство радиальных НС – более простой алгоритм обучения. При наличии только одного скрытого слоя и тесной связи активности нейрона с соответствующей областью пространства обучающих данных точка обучения оказывается гораздо ближе к оптимальному решению, чем это имеет место в многослойных сетях.

Также для радиально-базисных сетей формирование оптимальной структуры сети оказывается естественным этапом процесса обучения, не требующим дополнительных усилий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-07-00451.

Список литературы References

1. Mall S., Chakraverty S., 2013. Comparison of Artificial Neural Network Architecture in Solving Ordinary Differential Equations. Hindawi Publishing Corporation Advances in Artificial Neural Systems Volume 2013: 2-12.
2. Eman A. Hussian, Mazin H. Suhhiem., 2015. Numerical Solution of Partial Differential Equations by using Modified Artificial Neural Network. Network and Complex Systems. 5(6): 11-21
3. Горбаченко В.И. Артюхина Е.В., 2007. Два подхода к обучению радиально-базисных нейронных сетей при решении дифференциальных уравнений в частных производных. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки 2: 56-66.
Gorbachenko V.I. Artyuhina E.V., 2007. Two approaches to the training of radial-basic neural networks in the solution of partial differential equations. Izvestiya vysshih uchebnyih zavedeniy. Povolzhskiy region. Tehnicheskie nauki [News of higher educational institutions. The Volga region. Technical science] 2: 56-66.
4. Васильев А.Н., Тархов Д.А., 2004. Нейросетевые подходы к решению краевых задач в многомерных составных областях. Известия Южного федерального университета. Технические науки. 44 (9): 80-89.
Vasilev A.N., Tarhov D.A. 2004. Neural network approaches to solving boundary value problems in multidimensional composite domains. Izvestiya Yuzhnogo federalnogo universiteta. Tehnicheskie nauki [Izvestiya Southern Federal University. Technical science] 44 (9): 80-89.
5. Васильев А.Н., Тархов Д.А., 2009. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. СПб: Издательство Политехнического университет, 527.
Vasilev A.N., Tarhov D.A., 2009. Neural network modeling. Printsipyi. Algoritmyi. Prilozheniya. SPb: Izdatelstvo Politehnicheskogo universitet [Principles. Algorithms. Applications. St. Petersburg: Publishing house of Polytechnic University], 527.
6. Васильев А.Н., Тархов Д.А., 2015. Нейросетевой подход к задачам математической физики. СПб: Нестор-История, 259.
Vasilev A.N., Tarhov D.A., 2015. Neural network approach to problems of mathematical physics SPb: Nestor-Istoriya [St. Petersburg: Nestor-History], 259.
7. Корсунов Н.И., Ломакин А.В., 2014. Моделирование процессов, описываемых волновым дифференциальным уравнением, с использованием ячеистых нейронных сетей. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 15(186): 103-107.
Korsunov N.I., Lomakin A.V. 2014. Modeling of processes described by the wave differential equation, using cellular neural networks. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies] 15(186): 103-107.
8. Яничкина Е.В., Горбаченко В.И., 2006. Решение эллиптических дифференциальных уравнений в частных производных с использованием радиально-базисных нейронных сетей. Научная сессия МИФИ-2006. Нейроинформатика. Часть 3. Теория нейронных сетей. Применение нейронных сетей. Нейронные сети и когнитивные системы: 15-21.
Yanichkina E.V., Gorbachenko V.I. 2006. Solution of elliptic partial differential equations using radial-basic neural networks. Nauchnaya sessiya MIFI-2006. Neyroinformatika. Chast 3. Teoriya neyronnyih setey. Primenenie neyronnyih setey. Neyronnyie seti i kognitivnyie sistemyi: 15-21. [Scientific session of MPhI-2006. Neuroinformatics. Part 3. The theory of neural networks. Application of neural networks. Neural networks and cognitive systems]: 15-21.

УДК 621.396.01

О СОСРЕДОТОЧЕННОСТИ ЭНЕРГИИ КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**ABOUT COSINE TRANSFORM ENERGY CONCENTRATION****Е.В. Болгова****E.V. Volgova**

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

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: bolgova_e@bsu.edu.ru

Аннотация

В работе проведено исследование по сравнению значений сосредоточенности энергии изображений в различных частотных областях для некоторых ортогональных преобразований различных изображений. Приведены результаты вычисления сосредоточенности энергии результатов указанных ортогональных преобразований в частотных областях различных размеров, вычисления выполнены с удалением и без удаления среднего значения яркости пикселей изображений. Сравнение значений сосредоточенности энергии на заданном расстоянии результатов различных ортогональных преобразований показывают, что наибольшей сосредоточенностью энергии, в большинстве случаев, обладают результаты дискретного косинусного преобразования. Вычислительные эксперименты также показали, что следующим по величине сосредоточенности энергии результатов преобразования во многих случаях является непрерывное косинусное преобразование и что большей сосредоточенностью энергии на заданном расстоянии обладают результаты ортогональных преобразований изображения, содержащего меньшее количество деталей.

Abstract

In the work, we made the comparing of the images energy concentration in different frequency regions for some orthogonal transformations of various images. The results of calculating the energy concentration of the results of these orthogonal transformations in frequency domains of different sizes are presented, the calculations are performed with removal and without removing the average brightness value of the image pixels. Comparison of the energy concentration values at a given distance of the various orthogonal transformations results shows that the discrete cosine transformation has the most concentrated energy in most cases. Also computational experiments have shown that the continuous cosine transformation is the next one which have the largest energy concentration of the transformation results in many case, and that the results of orthogonal transformations of an image containing a smaller number of details possess greater energy concentration at a given distance than other ones.

Ключевые слова: косинусное преобразование, подобласть пространственных частот, сосредоточенность энергии, ортогональные преобразования.

Keywords: cosine transform, subdomain spatial frequencies, energy concentration, orthogonal transformations.

При решении многих задач обработки изображений применяют различные ортогональные и унитарные преобразования, такие как: дискретное преобразование Фурье, дискретное косинусное преобразование, непрерывное преобразование Фурье, непрерывное косинусное преобразование, преобразование Хаара и др. [Ахмед Н., Рао К., 1980; Ярославский Л.П., 1979; Прэтт У., 1982; Черноморец А.А., Болгова Е.В., 2015; Болгова Е.В., 2017; Черноморец А.А., Волчков В.П., 2012].

Пусть изображение Φ , размерности $N_1 \times N_2$, представлено в виде матрицы $\Phi = (f_{ik})$, $i = 1, 2, \dots, N_1$, $k = 1, 2, \dots, N_2$, значений яркости его пикселей.

Тогда следующие соотношения определяют указанные преобразования (где u, v – пространственные частоты):

- дискретное преобразование Фурье,

$$F_{n_1 n_2}^{DFT}(u, v) = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} f_{ik} e^{\frac{j2\pi}{N_1}(i-1)(n_1-1)} e^{\frac{j2\pi}{N_2}(k-1)(n_2-1)}, \quad (1)$$

$$n_1 = 0, 1, \dots, N_1 - 1, \quad n_2 = 0, 1, \dots, N_2 - 1, \quad j = (-1)^{1/2},$$

- дискретное косинусное преобразование,

$$F_{n_1 n_2}^{DCT} = \alpha_{n_1} \alpha_{n_2} \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} f_{ik} \cos\left(\frac{\pi n_1}{N_1} \left(i - \frac{1}{2}\right)\right) \cos\left(\frac{\pi n_2}{N_2} \left(k - \frac{1}{2}\right)\right), \quad (2)$$

$$n_1 = 0, 1, \dots, N_1 - 1, \quad n_2 = 0, 1, \dots, N_2 - 1,$$

$$\alpha_{n_1} = \begin{cases} 1/\sqrt{N_1}, & n_1 = 0, \\ \sqrt{2/N_1}, & n_1 = 1, 2, \dots, N_1 - 1, \end{cases} \quad \alpha_{n_2} = \begin{cases} 1/\sqrt{N_2}, & n_2 = 0, \\ \sqrt{2/N_2}, & n_2 = 1, 2, \dots, N_2 - 1. \end{cases}$$

- непрерывное преобразование Фурье,

$$F^{FT}(u, v) = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} f_{ik} \exp(-ju(i-1)) \exp(-jv(k-1)), \quad (3)$$

$$-\pi \leq u, v < \pi; \quad j = (-1)^{1/2},$$

- непрерывное косинусное преобразование,

$$F^{CT}(u, v) = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} f_{ik} \cos\left(u\left(i - \frac{1}{2}\right)\right) \cos\left(v\left(k - \frac{1}{2}\right)\right), \quad (4)$$

$$u \in [0, \pi), \quad v \in [0, \pi),$$

Преобразование Хаара основано на базисных функциях Хаара $har_i(x)$, определенных на интервале $x \in [0, 1)$ и $i = 0, 1, \dots, N - 1$, где $N = 2^n$.

Базисные функции Хаара задаются на основании следующих соотношений:

$$har_0(x) = \frac{1}{\sqrt{N}}, \quad x \in [0, 1),$$

$$har_i(x) = h_{pq}(x) = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{cases} 2^{p/2}, & x \in [(q-1)/2^p, (q-1/2)/2^p), \\ -2^{p/2}, & x \in [(q-1/2)/2^p, q/2^p), \\ 0, & \text{для всех остальных } x \in [0, 1], \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, N - 1, \quad (5)$$

где p, q – целые положительные числа,

$$i = 2^p + q - 1, \quad 1 \leq q < 2^p.$$

Преобразование Хаара задается следующим соотношением:

$$F^{DHT} = H_{DHT} \Phi H_{DHT}^T, \quad (6)$$

где H_{DHT} – матрица преобразования Хаара, строки которой составлены из базисных функций Хаара.

В представленных преобразованиях пространственные частоты u, v принадлежат подобласти пространственных частот V_0 , на которой задано то или иное преобразование с учетом его периодичности,

$$(u, v) \in V_0. \quad (7)$$

Например, для следующих преобразований область V_0 имеет вид:

- преобразование Фурье,

$$V_0 = \{(u, v) \mid -\pi \leq u < \pi, -\pi \leq v < \pi\},$$

- косинусное преобразование,

$$V_0 = \{(u, v) \mid 0 \leq u < \pi, 0 \leq v < \pi\},$$

- преобразование Хаара,

$$V_0 = \{(u, v) \mid 0 \leq u < 1, 0 \leq v < 1\}.$$

Одним из критериев выбора конкретного преобразования при решении многих задач обработки изображений является его способность сосредотачивать энергию результата преобразования в области низких пространственных частот.

Под энергией $E_V(\Phi)$ результата преобразования изображения Φ , соответствующей заданной подобласти пространственных частот V , обычно понимают следующую величину [Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., 2010; Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., 2013]:

- в случае непрерывного преобразования F :

$$E_V(\Phi) = \frac{1}{a} \iint_{(u,v) \in V} |F(u, v)|^2 dudv,$$

- в случае дискретного преобразования F :

$$E_V(\Phi) = \frac{1}{b} \sum_{j=i_1}^{i_2} \sum_{k=k_1}^{k_2} |F_{jk}|^2 dudv,$$

где a, b – некоторые константы, соответствующие отдельному преобразованию, индексы i_1, i_2 и k_1, k_2 определяются границами области V .

Под сосредоточенностью C_0^d энергии на расстоянии d результата преобразования вблизи нулевых частот в области V_0^d предлагается понимать следующее отношение:

$$C_0^d = E_{V_0^d}(\Phi) / E(\Phi),$$

где $E(\Phi)$ – энергия изображения Φ в области V_0 (7),

$E_{V_0^d}(\Phi)$ – энергия изображения Φ в области V_0^d ,

$$V_0^d = \{(u, v) \mid |(u, v)| < d_0 d, (u, v) \in V_0\},$$

$|(u, v)|$ – длина вектора (u, v) в метрике Чебышева,

$$|(u, v)| = \max(u, v),$$

d_0 – размер частотной области V_0 (7),

$$d_0 = \max(u, v), \text{ при } (u, v) \in V_0,$$

d – нормированный коэффициент (нормированное расстояние),

$$0 \leq d \leq 1.$$

На рисунке 1 приведены примеры областей V_0^d при $d = 0,5$ (в метрике Чебышева) для некоторых преобразований.

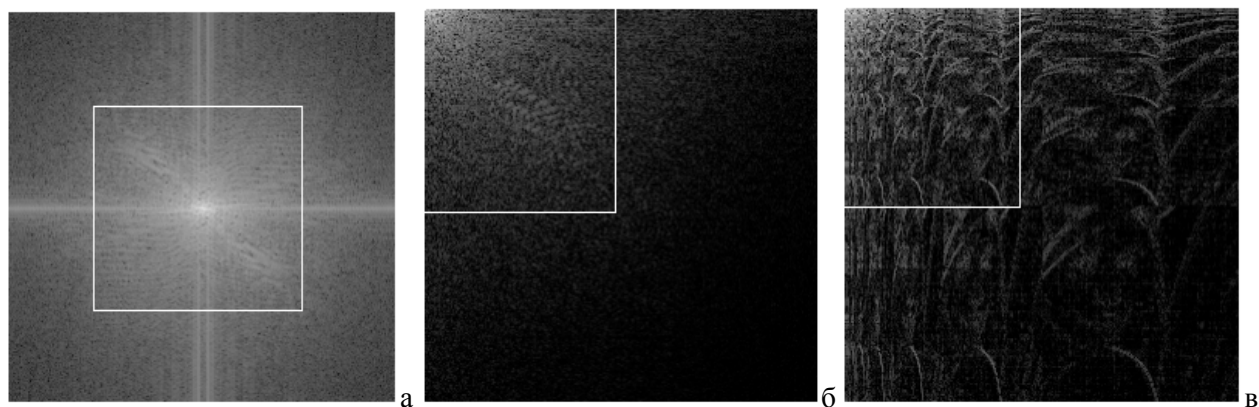


Рис. 1. Примеры областей V_0^d вычисления сосредоточенности C_0^d при $d = 0,5$: а – дискретное преобразование Фурье (логарифмированный спектр), б – дискретное косинусное преобразование (логарифмированный спектр), в – преобразование Хаара (логарифмированный спектр)

Fig. 1. Examples of areas V_0^d for concentration calculations C_0^d for $d = 0,5$:

a – discrete Fourier transform (logarithmic spectrum), б – discrete cosine transformation (logarithmic spectrum), c – Haar transformation (logarithmic spectrum)

Автором проведено исследование по сравнению значений сосредоточенности энергии C_0^d в различных частотных областях для некоторых ортогональных преобразований различных изображений.

Расчеты сосредоточенности энергии выполнены для изображений (рисунок 2), характеризующихся различным количеством деталей [Гонсалес Р., Вудс Р. 2006].



Рис. 2. Изображения И1, И2 и И3, используемые для расчета сосредоточенности
Fig. 2. Images I1, I2 and I3 used for concentration calculation

При вычислении сосредоточенности энергии были выбраны различные размерности для анализируемых изображений: 128×128 , 256×256 и 512×512 пикселей.

Также в отдельных вычислительных экспериментах перед вычислением сосредоточенности энергии из анализируемого изображения вычиталось его среднее значение.

Значения нормированного расстояния d были выбраны равными:

$$d = \{0.02; 0.05; 0.1; 0.125; 0.25; 0.5\}.$$

В ходе вычислительных экспериментов были проанализированы значения сосредоточенности энергии на расстоянии d для непрерывного преобразования Фурье (FT), непрерывного косинусного преобразования (СТ), дискретного преобразования Фурье (DFT), дискретного косинусного преобразования (DCT) и преобразования Хаара (DHT).

Для изображения И1 (рис. 2а) при его различной размерности в таблице 1, приведены результаты вычисления сосредоточенности энергии результатов указанных ортогональных преобразований в частотных областях различных размеров, а также с удалением и без удаления среднего значения яркости пикселей.

Таблица 1
Table 1

Сосредоточенность энергии изображения И1 на расстоянии d
Image I1 energy concentration at a distance d

Параметры расчетов		d					
		0,02	0,05	0,1	0,125	0,25	0,5
без удаления среднего							
128×128	СТ	0,647333	0,850449	0,93104	0,950409	0,979099	0,99414
	FT	0,590553	0,83595	0,920436	0,94269	0,975077	0,992494
	DCT	0,769576	0,89011	0,950379	0,965417	0,987009	0,997449
	DFT	0,778773	0,873973	0,941816	0,958216	0,982758	0,995612
	DHT	0,770447	0,862255	0,912163	0,939544	0,974613	0,991863
256×256	СТ	0,794232	0,930548	0,96756	0,97787	0,992219	0,997829
	FT	0,766652	0,919914	0,962414	0,973718	0,990257	0,997016
	DCT	0,874693	0,950049	0,979397	0,986127	0,996235	0,999529
	DFT	0,829075	0,941434	0,972409	0,981722	0,994043	0,998619
	DHT	0,848195	0,911774	0,956629	0,973201	0,989481	0,997027



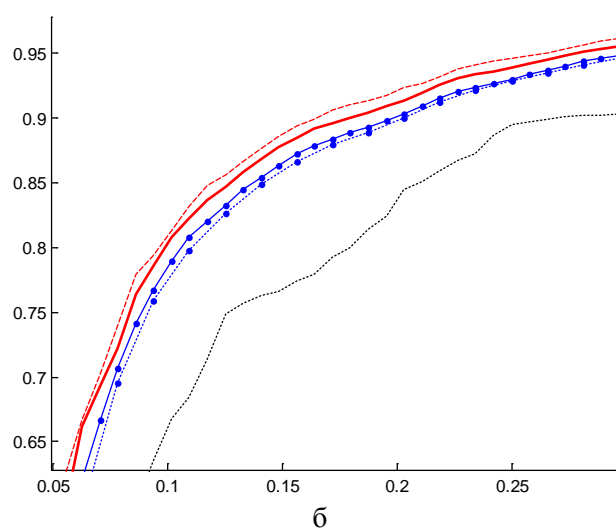
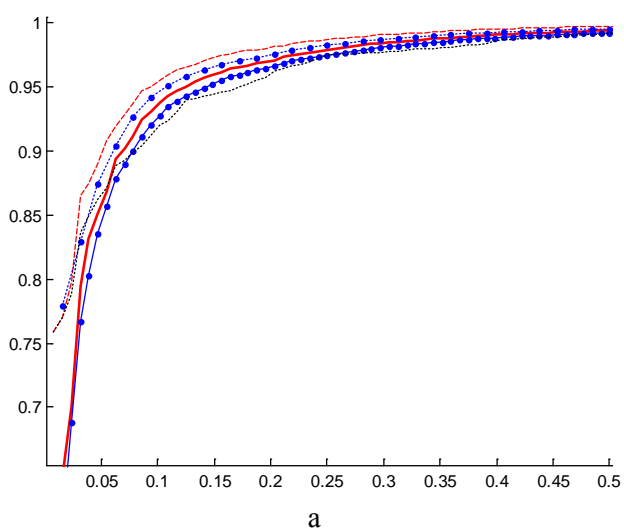
Окончание табл. 1

512×512	СТ	0,89288	0,967187	0,987525	0,991992	0,997526	0,999115
	FT	0,878122	0,962013	0,98483	0,989948	0,996548	0,998711
	DCT	0,936634	0,979084	0,993929	0,996172	0,999577	0,999967
	DFT	0,925845	0,972058	0,990753	0,993887	0,998473	0,999507
	DHT	0,897721	0,956122	0,983281	0,988841	0,996228	0,999006
с удалением среднего							
128×128	СТ	0,066517	0,541043	0,786013	0,84723	0,939012	0,986518
	FT	0,057963	0,519486	0,766865	0,832634	0,930037	0,982818
	DCT	0,043228	0,543713	0,793961	0,856406	0,94606	0,98941
	DFT	0,081416	0,476707	0,758408	0,826504	0,928408	0,98178
	DHT	0,046845	0,428054	0,635282	0,748976	0,894587	0,966215
256×256	СТ	0,41496	0,784529	0,901546	0,93506	0,980834	0,996463
	FT	0,356128	0,765357	0,890134	0,925883	0,976521	0,994758
	DCT	0,47985	0,792652	0,914478	0,942414	0,98437	0,998044
	DFT	0,29049	0,756895	0,885469	0,924129	0,975274	0,994269
	DHT	0,369858	0,633776	0,819969	0,888756	0,956337	0,987658
512×512	СТ	0,659688	0,90033	0,96627	0,980452	0,996336	0,999061
	FT	0,61893	0,888882	0,960546	0,975975	0,994286	0,998214
	DCT	0,737375	0,91331	0,974839	0,984133	0,998248	0,999865
	DFT	0,692659	0,884191	0,961675	0,974665	0,993672	0,997957
	DHT	0,576094	0,818143	0,930708	0,953753	0,984367	0,995881

Для визуального анализа данных, приведенных в таблице 1, построены соответствующие графики (рис. 3).

На графиках для различных ортогональных преобразований использованы следующие обозначения:

- - непрерывное косинусное преобразование,
- непрерывное преобразование Фурье,
- - - дискретное косинусное преобразование,
- дискретное преобразование Фурье,
- - - - преобразование Хаара.



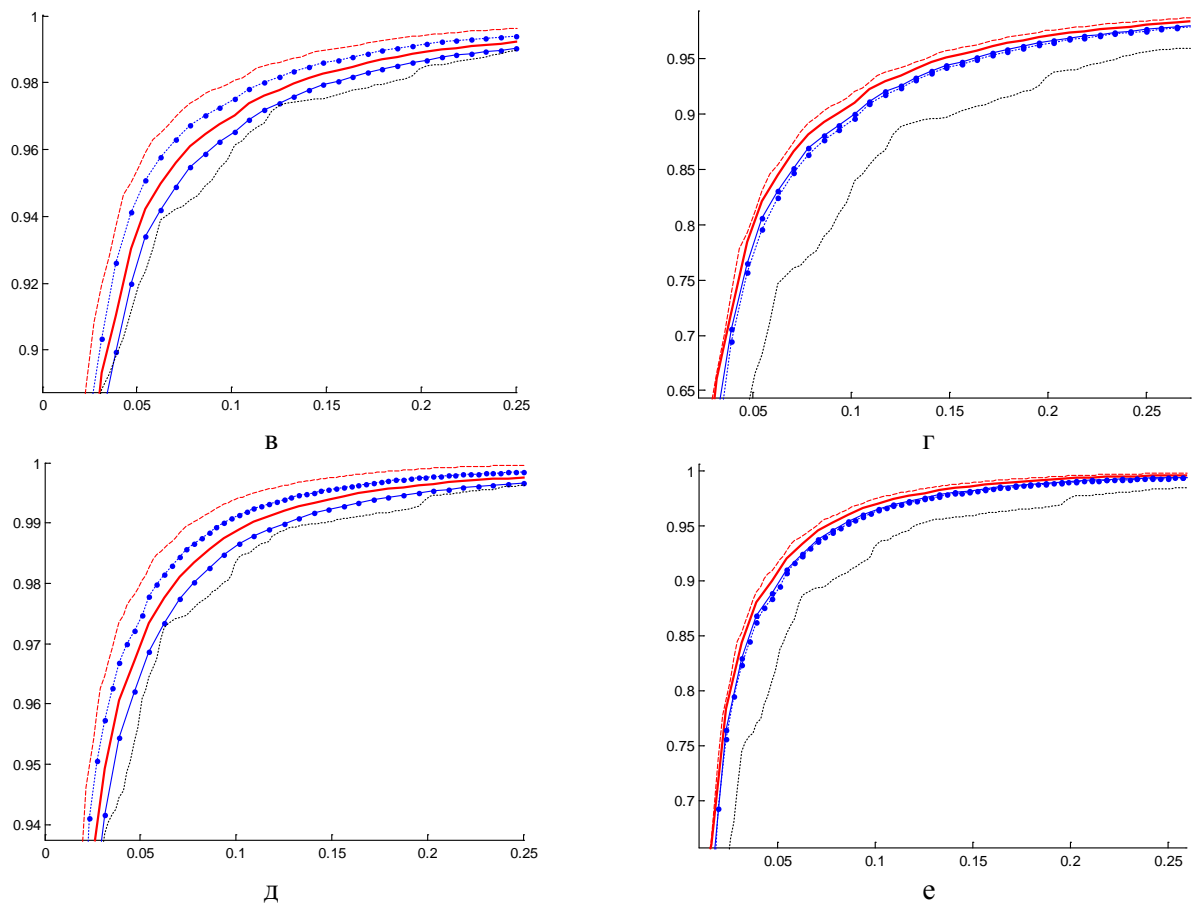


Рис. 3. Зависимость сосредоточенности от расстояния d для изображения И1:
 а, б – 128×128 пикселей; в, г – 256×256 пикселей; д, е – 512×512 пикселей;
 а, в, д – без удаления среднего; б, г, е – с удалением среднего
 Fig. 3. Dependence of Image I1 energy concentration at a distance d :
 а, б – 128×128 pixels; в, г – 256×256 pixels; д, е – 512×512 pixels;
 а, в, д – without removing the mean; б, г, е – with the removal of the mean

Для изображения И2 (рис. 2б) при его различной размерности в таблице 2 приведены результаты вычисления сосредоточенности энергии результатов ортогональных преобразований FT, CT, DFT, DCT и DHT в частотных областях различных размеров d , а также с удалением и без удаления среднего значения яркости пикселей.

Таблица 2
 Table 2

Сосредоточенность энергии изображения И2 на расстоянии d
Image I2 energy concentration at a distance d

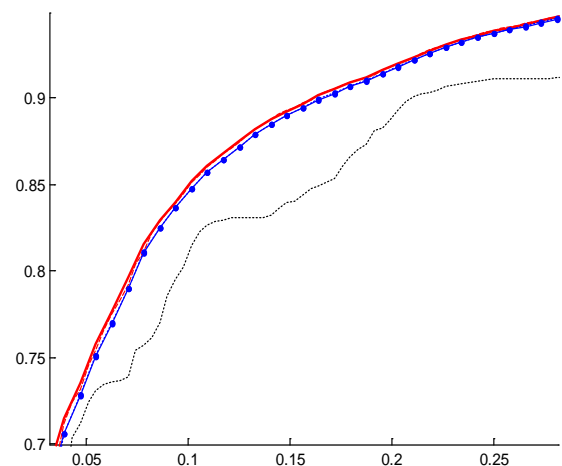
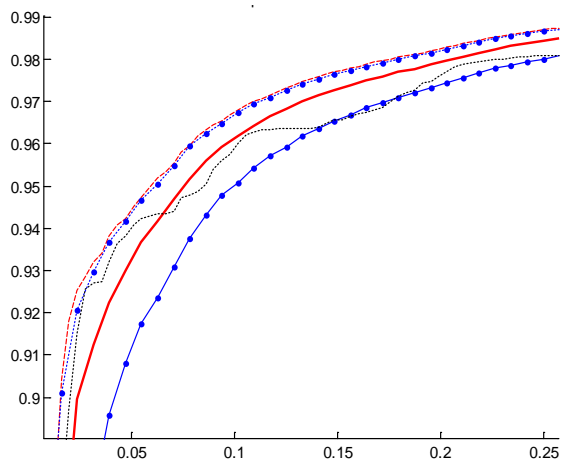
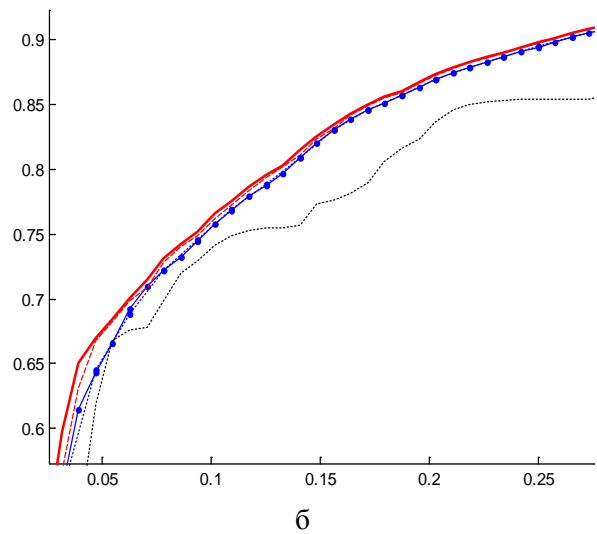
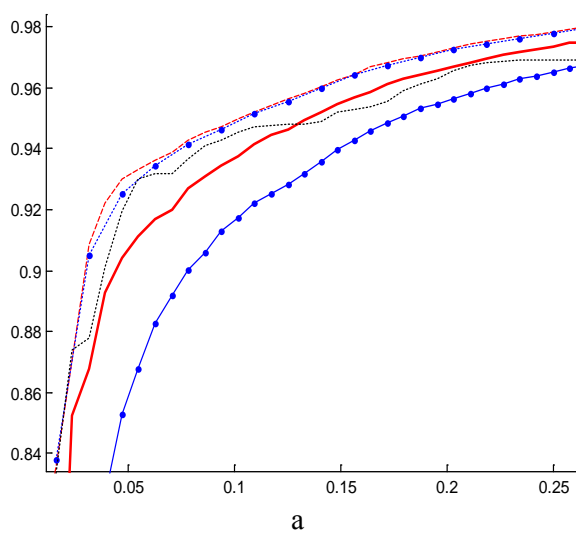
Параметры расчетов		d					
		0,02	0,05	0,1	0,125	0,25	0,5
без удаления среднего							
128×128	CT	0,736254	0,904028	0,934659	0,946443	0,973588	0,990484
	FT	0,612244	0,852721	0,912764	0,928319	0,96504	0,986942
	DCT	0,835585	0,929867	0,947003	0,956514	0,97835	0,992677
	DFT	0,838155	0,925183	0,946331	0,955318	0,97782	0,992379
	DHT	0,833345	0,919518	0,942912	0,948188	0,969285	0,987881
256×256	CT	0,863732	0,93003	0,959075	0,968145	0,984358	0,996095
	FT	0,781175	0,90811	0,947736	0,959299	0,980116	0,994351
	DCT	0,91785	0,9424	0,966708	0,973108	0,986979	0,997144
	DFT	0,900913	0,941711	0,96486	0,972536	0,986605	0,996969
	DHT	0,896998	0,938148	0,957491	0,963721	0,98089	0,992857



Окончание табл. 2

512×512	CT	0,908645	0,955124	0,974179	0,981241	0,994933	0,999226
	FT	0,874476	0,943785	0,968345	0,976847	0,99284	0,99836
	DCT	0,934145	0,962771	0,978928	0,983953	0,996195	0,999777
	DFT	0,932862	0,960923	0,97812	0,983572	0,995989	0,999671
	DHT	0,927914	0,953445	0,971858	0,977039	0,989498	0,997092
с удалением среднего							
128×128	CT	0,270711	0,669428	0,751877	0,795419	0,897911	0,964989
	FT	0,237946	0,643674	0,744898	0,787755	0,894373	0,963629
	DCT	0,220227	0,667379	0,748651	0,793757	0,897321	0,965268
	DFT	0,232419	0,645163	0,745466	0,788085	0,894808	0,963857
	DHT	0,209605	0,6183	0,729247	0,754271	0,854326	0,942523
256×256	CT	0,583667	0,734756	0,839685	0,875188	0,93894	0,986475
	FT	0,543331	0,727889	0,836654	0,87162	0,937351	0,985848
	DCT	0,617285	0,731658	0,844903	0,874716	0,939339	0,986697
	DFT	0,53838	0,728448	0,836293	0,872052	0,937596	0,985881
	DHT	0,520139	0,711846	0,801959	0,830984	0,910973	0,966724
512×512	CT	0,671279	0,823774	0,896991	0,92589	0,982265	0,998766
	FT	0,662984	0,820809	0,895008	0,924269	0,981528	0,998455
	DCT	0,697422	0,828948	0,903183	0,92627	0,982517	0,998976
	DFT	0,691524	0,820454	0,899469	0,924521	0,981569	0,998488
	DHT	0,668791	0,786099	0,870697	0,894503	0,951747	0,986639

Для визуального анализа данных, приведенных в таблице 2, построены соответствующие графики (рис. 4).



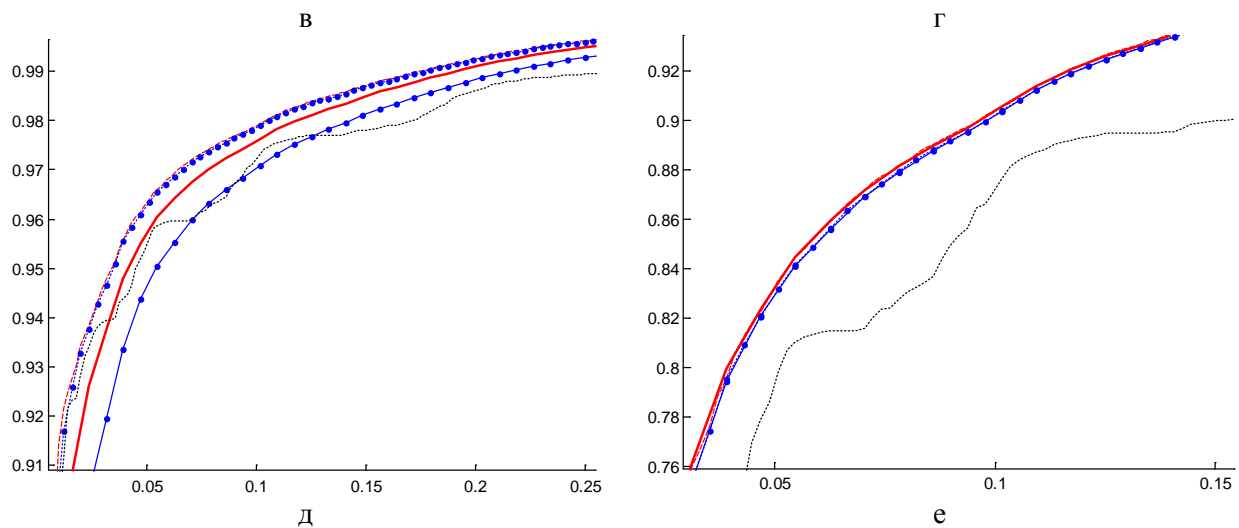


Рис. 4. Зависимость сосредоточенности от расстояния d для изображения И2:
а, б – 128×128 пикселей; в, г – 256×256 пикселей; д, е – 512×512 пикселей;

а, в, д – без удаления среднего; б, г, е – с удалением среднего

Fig. 4. Dependence of Image I2 energy concentration at a distance d :

а, b – 128×128 pixels; c, d – 256×256 pixels; e, f – 512×512 pixels;

a, c, e – without removing the mean; b, d, f – with the removal of the mean

Для изображения И3 (рис. 2в) при его различной размерности в таблице 3 приведены результаты вычисления сосредоточенности энергии результатов указанных ортогональных преобразований в частотных областях различных размеров, а также с удалением и без удаления среднего значения яркости пикселей.

Таблица 3
Table 3

Сосредоточенность энергии изображения И3 на расстоянии d
Image I3 energy concentration at a distance d

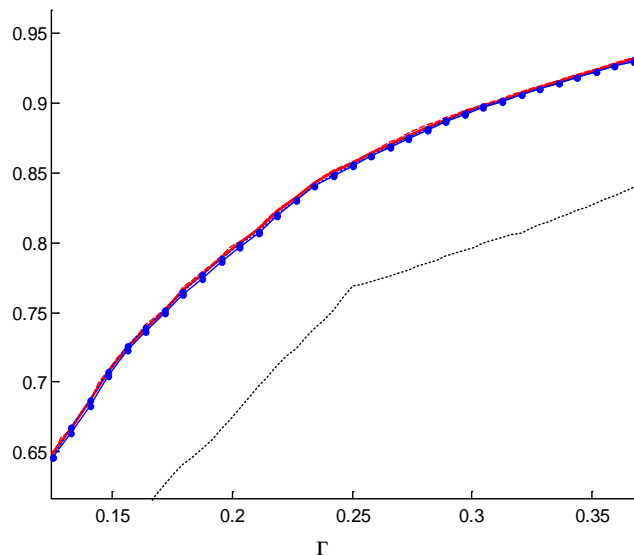
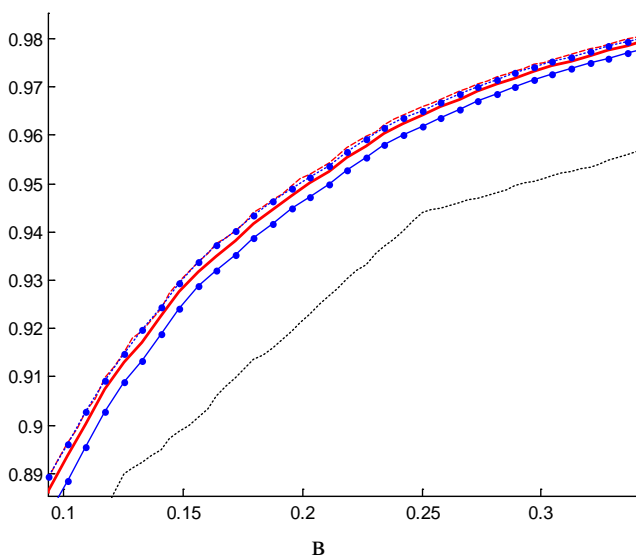
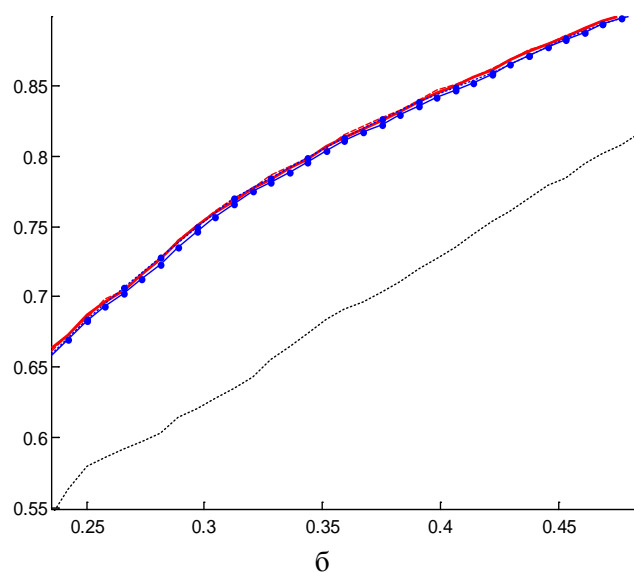
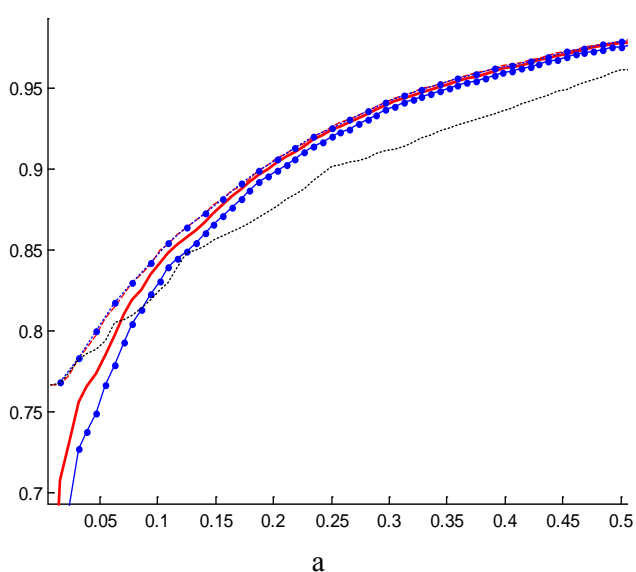
Параметры расчетов		d					
		0,02	0,05	0,1	0,125	0,25	0,5
без удаления среднего							
128×128	CT	0,708187	0,774206	0,835515	0,858066	0,924524	0,978019
	FT	0,651837	0,749164	0,823368	0,84933	0,92053	0,97621
	DCT	0,767365	0,798135	0,841964	0,864804	0,926502	0,979428
	DFT	0,76893	0,800268	0,842394	0,864639	0,926169	0,978869
	DHT	0,768331	0,788888	0,819379	0,848527	0,901982	0,961573
256×256	CT	0,748541	0,826532	0,886303	0,912908	0,964101	0,992771
	FT	0,719677	0,814441	0,881498	0,90879	0,961954	0,991809
	DCT	0,781722	0,83301	0,892718	0,915097	0,965836	0,993571
	DFT	0,77559	0,833408	0,889301	0,914711	0,965183	0,99323
	DHT	0,77848	0,810532	0,863236	0,889912	0,944134	0,979711
512×512	CT	0,779155	0,875483	0,934976	0,956125	0,990277	0,999032
	FT	0,761058	0,870721	0,932139	0,95391	0,989134	0,998568
	DCT	0,810737	0,88188	0,941735	0,95789	0,991218	0,999469
	DFT	0,810926	0,87846	0,939682	0,957224	0,99082	0,999262
	DHT	0,791499	0,852395	0,910205	0,933351	0,97012	0,991577
с удалением среднего							
128×128	CT	0,007426	0,148186	0,329085	0,417271	0,686987	0,911011
	FT	0,010588	0,138753	0,321405	0,411746	0,683341	0,908986
	DCT	0,00315	0,134999	0,322808	0,42068	0,685059	0,911846
	DFT	0,009855	0,144139	0,324652	0,419973	0,683632	0,909452
	DHT	0,007287	0,095377	0,226031	0,35093	0,579989	0,835337



Окончание табл. 3

256×256	СТ	0,076288	0,313992	0,540904	0,649684	0,857251	0,97261
	FT	0,067447	0,306676	0,538815	0,646231	0,855156	0,971712
	DCT	0,095564	0,308079	0,555475	0,648206	0,858443	0,973363
	DFT	0,070156	0,309725	0,541319	0,646604	0,855735	0,97195
	DHT	0,082132	0,214937	0,43332	0,543852	0,768518	0,915932
512×512	СТ	0,190534	0,51507	0,747813	0,831032	0,964161	0,997296
	FT	0,185825	0,513083	0,744956	0,828925	0,963116	0,996866
	DCT	0,245482	0,529102	0,767722	0,832124	0,964988	0,997884
	DFT	0,246238	0,515468	0,759537	0,829467	0,963405	0,99706
	DHT	0,168788	0,411559	0,642022	0,734299	0,880881	0,966419

Для визуального анализа данных, приведенных в таблице 3, построены соответствующие графики (рис. 5).



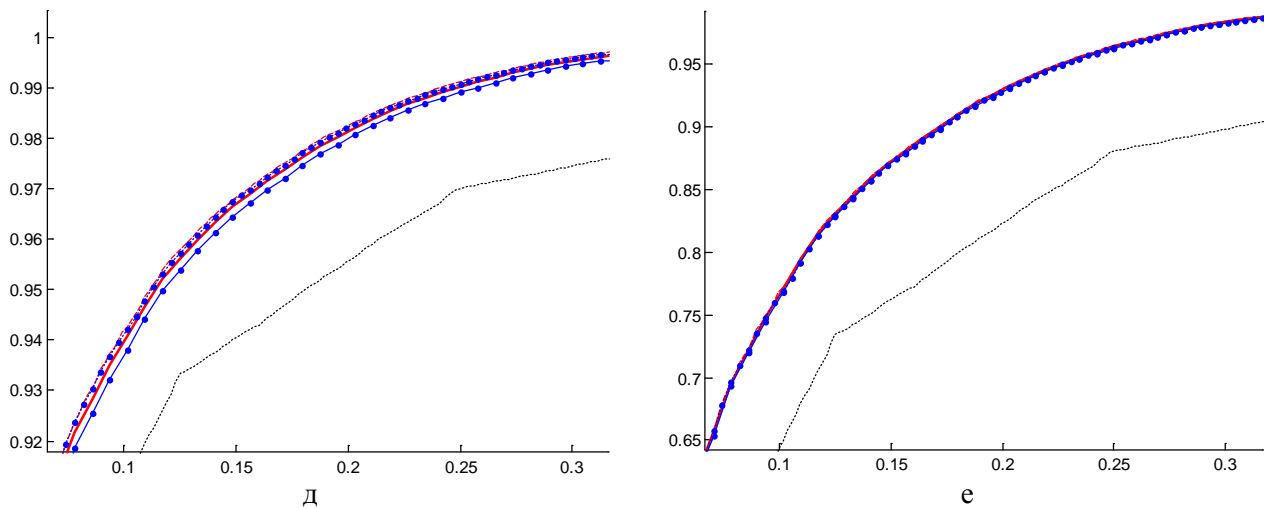


Рис. 5. Зависимость сосредоточенности от расстояния d для изображения И3:

а, б – 128×128 пикселей; в, г – 256×256 пикселей; д, е – 512×512 пикселей;

а, в, д – без удаления среднего; б, г, е – с удалением среднего

Fig. 5. Dependence of Image II energy concentration at a distance d :

а, b – 128×128 pixels; c, d – 256×256 pixels; e, f – 512×512 pixels;

а, c, e – without removing the mean; b, d, f – with the removal of the mean

Таким образом, результаты вычислительных экспериментов показали:

- сосредоточенность энергии на заданном расстоянии возрастает при увеличении размерности изображения;
- при удалении среднего значения яркости пикселей из изображения сосредоточенность энергии на заданном расстоянии результатов его ортогонального преобразования снижается;
- при удалении среднего значения яркости пикселей из изображения снижаются различия в значениях сосредоточенности энергии результатов преобразования одного и того же изображения, полученных с помощью различных ортогональных преобразований.

Сравнение значений сосредоточенности энергии на заданном расстоянии результатов различных ортогональных преобразований показывают, что наибольшей сосредоточенностью энергии, в большинстве случаев, обладают результаты дискретного косинусного преобразования. Вычислительные эксперименты показали, что следующим по величине сосредоточенности энергии результатов преобразования во многих случаях является непрерывное косинусное преобразование.

Также вычислительные эксперименты показали, что большей сосредоточенностью энергии на заданном расстоянии обладают результаты ортогональных преобразований изображения, содержащего меньшее количество деталей.

Полученные результаты позволяют создать эффективные алгоритмы обработки изображений, в том числе скрытного внедрения контрольной информации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-29-03324.

Список литературы References

1. Ахмед Н., Рао К., 1980. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. М., Связь, 248.
Ahmed N., Rao K., 1980. The orthogonal transform in digital signal processing. Moscow, Svyaz', 248. (in Russian)
2. Болгова Е.В., 2017. О собственных числах субинтервальных матриц косинусного преобразования. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 2(251): 92-101.

- Bolgova E.V., 2017. About the eigenvalues of cosine transform subinterval matrices. *Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]*. 2(251): 92-101. (in Russian)
3. Гонсалес Р., Вудс Р. 2006. Цифровая обработка изображений. М., Техносфера, 1072.
Gonzalez R, Woods R. 2006. *Cifrovaja obrabotka izobrazhenij [Digital image processing]* Moscow, Tehnosfera, 1072. (in Russian)
4. Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., 2010. О частотном анализе изображений. *Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. 1*: 94-103.
Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., 2010. About the frequency image analysis. *Voprosy radiojelektroniki [Problems of Radio Electronics] 1*: 94-103. (in Russian)
5. Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., 2013. Об оптимальном выделении субполосных компонент изображений. *Информационные системы и технологии. 1(75)*: 5-11.
Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., 2013. Optimal separation of image subband components. *Informacionnye sistemy i tehnologii [Information systems and technologies] 1(75)*: 5-11. (in Russian)
6. Прэтт У., 1982. Цифровая обработка изображений. М., Мир, 312.
Pratt W., 1982. *Digital image processing*. Moscow, Mir, 312. (in Russian)
7. Черноморец А.А., Болгова Е.В., 2015. Об анализе данных на основе косинусного преобразования. *Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 1(198)*: 68-73.
Chernomorets A.A., Bolgova E.V., 2015. On the analysis of data based on the cosine transformation. *Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]*. 1(198): 68-73. (in Russian)
8. Черноморец А.А., Волчков В.П., 2012. О свойствах квазисубполосных и G-субполосных матриц. *Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 1(120)*: 126-134.
Chernomorets A.A., Volchkov V.P., 2012. About properties of quasisubband and G-subband matrices. *Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]*. 1(120): 126-134. (in Russian)
9. Ярославский Л.П., 1979. Введение в цифровую обработку изображений. М., Сов. Радио, 312.
Jaroslavskij L.P., 1979. *Introduction to digital image processing*. Moscow, Sov. Radio, 312. (in Russian)

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 303.732.4: 001.51:519.2:332.14

СОБЫТИЙНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРОДОВ РОССИИ ПО КОМПЛЕКСУ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

EVENT ASSESSMENT OF RUSSIAN CITIES' CONDITION ON A COMPLEX OF SOCIAL AND ECONOMIC INDEXES

А.В. Звягинцева
A.V. Zviagintseva

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

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: zviagintseva@bsu.edu.ru

Аннотация

Изучены показатели состояния и развития 159 городов Российской Федерации с населением свыше 100 тыс. чел. Собранные информация охватывает данные о 63 показателях муниципальных образований России за период с 2003 по 2015 гг., представленные Федеральной службой государственной статистики. Предложен метод комплексной оценки городов на основе определения вероятности индикативных событий, отличающийся представлением состояния объектов через совокупность показателей и совместные события их одновременного наблюдения. Выполнено многопараметрическое ранжирование городов по комплексу социально-экономических показателей. В процессе анализа данных установлено, что возможно получение вероятностных распределений совместных событий наблюдения нескольких атрибутивных показателей и установление связи вероятности таких событий с показателями состояния городов. Полученные результаты позволяют предложить объективный метод комплексной оценки городов и построить систему анализа их состояния.

Abstract

The indicators of the state and development of 159 cities in Russian Federation with over 100 thousand people population were studied. The collected information covers data on 63 Russian municipal entities indicators for the period from 2003 to 2015, presented by the Federal State Statistics Service. The method of cities complex estimation is proposed on the determining of indicative events probability basis, differing in the representation of the objects state through several indicators simultaneous observation joint events. The multi-parametrical cities ranking on the socio-economic indicators set was carried out. In the data analysis process was established that it is possible to obtain joint events probabilistic distributions of several attributive indicators observation and to establish the connection between the such events probability and the cities state indicators. The results obtained make it possible to propose an objective method for the integrated assessment of cities and to construct a system for analyzing their state.

Ключевые слова: комплексная оценка городов и муниципальных образований, многопараметрическое ранжирование, совместные события и их вероятности, статистические данные.

Keywords: complex estimation of cities and municipalities, multiparametric ranking, joint events and their probabilities, statistical data.

Введение

Особенностью современного этапа социально-экономического развития городов является рост открытости их экономики и усиливающиеся процессы глобализации на фоне

крайне неравномерного развития регионов мира. Все это ведет к новым возможностям и угрозам для развития городов. Муниципальные образования должны быть готовы к конкуренции со стороны городов-соседей, к переменам в законодательстве, значительным изменениям в работе предприятий и сферы услуг, а также к вызовам, связанным с формирующейся новой социально-экономической средой. Наличие четких целей и приоритетов в экономике и социальной политике улучшает конкурентные позиции городов на внутреннем и внешнем рынках, позволяет эффективно выстраивать отношения с бизнесом, инвесторами, финансовыми организациями, адекватно реагировать на стратегические вызовы.

В городах, которые приняли к руководству принципы устойчивого развития, на первое место выходит обеспечение высокого уровня и качества жизни горожан при сохранении природных систем. В этом плане развитый город представляется по меркам страны городом с высокими доходами и небольшой стоимостью проживания, территорией с развитой транспортной инфраструктурой и благоустроенными общественными и зелеными зонами, с общедоступным и высоким качеством услуг в области образования, здравоохранения и жилищно-коммунальной сферы, а также с комфортными санитарно-гигиеническими условиями окружающей среды и разнообразной природной средой пригородов. Такие развитые города и населенные пункты видятся адаптированными для жизни, безопасными, жизнестойкими и устойчивыми.

Очевидно, что качество жизни, в первую очередь, неразрывно связано с уровнем доходов горожан и формированием городского бюджета. Богатые города больше и охотнее вкладывают средства в развитие инфраструктуры, энергосберегающие технологии, решение социальных и экологических проблем. Успешные города в Европе, как правило, не очень велики, их население не превышает 1 – 3 млн чел., однако они имеют ВВП от 20 – 25 тыс. долларов на душу населения по паритету покупательной способности (ППС). В свою очередь, уровень ВВП на душу населения (по ППС) в Москве в 2014 г. составлял \$45 803, а в Санкт-Петербурге – \$22 600. Все остальные города России (за исключением Южно-Сахалинска, Ханты-Мансийска, Сургута, Норильска и Петропаловска-Камчатского) имеют значения удельного ВВП на душу населения (по ППС) от \$2 500 до \$12 000. С данным показателем тесно связана среднемесячная начисленная заработная плата, которая для городов России в 2015 г. составляла от 18900 до 78800 руб. Из выполненного анализа следует, что только отдельные города России могут за ближайшие 5 – 10 лет достигнуть показателей удельного ВВП на душу населения (по ППС) от \$20 000 до \$25 000, однако такая цель должна формироваться уже сегодня.

Все описанное выше подчеркивает актуальность оценки городов по комплексу социально-экономических показателей, которые, в принципе, являются разноплановыми. Такие показатели имеют разные единицы измерения (численности, протяженности, стоимости, доли единиц и т. д.). Сравнение разноплановых показателей возможно только на основе представления наблюдаемых их значений в виде событий, для которых можно оценить вероятности по имеющимся статистическим данным. Это позволяет обрабатывать имеющуюся статистическую информацию, основываясь на вероятностных закономерностях процессов развития городов.

Таким образом, целью данной статьи является разработка метода комплексной оценки и ранжирования городов на основе определения вероятности индикативных событий, характеризующих состояние городов России. При этом в качестве индикативных событий рассматриваются совместные события наблюдения нескольких социально-экономических показателей. Другими словами, считается, что информацию о состояниях объектов могут нести в себе как данные в виде показателей, так и различные факты в виде событий. Связь между вероятностями событий и данными позволяет предложить математические модели процессов развития городов.

Данные и методика обработки информации

Анализ информации о состоянии и развитии городов России основывался на данных Федеральной службы государственной статистики [База..., 2017]. На основе этого источника

сформирован массив данных, характеризующих состояние экономики, социальной и жилищно-коммунальной сферы городов с населением свыше 100 тыс. чел. (всего 159 городов).

Для каждого города использовалась информация по 63 показателям, которые входят в 11 групп статистической информации:

- общие социально-экономические показатели (10 показателей);
- демография (5 показателей);
- трудовые отношения (3 показателя);
- уровень жизни населения и социальная сфера (17 показателей);
- основные фонды (4 показателя);
- предприятия и организации (1 показатель);
- добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды (5 показателей);
- строительство (8 показателей);
- городской пассажирский транспорт (4 показателя);
- торговля (4 показателя);
- инвестиции (2 показателя).

Имеющиеся данные охватывали период времени с 2003 по 2015 гг., таблицы данных «города – показатели» формировались с шагом один год. Общий объем анализируемой информации составил более 200 тыс. наблюдений. В процессе первичной обработки статистических данных выполнены следующие виды исследований: статистическое описание исходных данных с определением основных характеристик и пределов варьирования переменных; анализ резко выделяющихся наблюдений; проверка однородности исходных данных; анализ одномерных эмпирических распределений исследуемых показателей; нахождение вероятности простых событий наблюдения каждого из показателей; выбор наиболее влияющих (атрибутивных) показателей и приемлемых методов дальнейшего статистического анализа информации.

Определение атрибутивных показателей для описания массива данных основывалось на рекомендациях специалистов, исследовавших процессы урбанизации [Forrester, 1969; Яйли, 2006; Guide, 2006; Казанская и др., 2011; Urban, 2011; Битюкова, 2012; Joss, 2012; Дружинин, Угольницкий, 2013; Глазырин, 2016; Eurostat..., 2017], изучении вариабельности показателей, анализе корреляционных связей между показателями и вероятностями индикативных событий. Показатели, имеющие слабую изменчивость с течением времени (вариабельность), не рассматривались как атрибутивные. Корреляционные связи между значениями показателей и вероятностями событий наблюдения соответствующих показателей исследовались на основе анализа многомерных корреляционных матриц. В результате из 63 показателей, характеризующих состояние городов, было отобрано 9, которые при построении моделей событийной оценки приняты в виде атрибутивных величин:

- численность населения p_1 , тыс. чел.;
- среднегодовая численность работников организаций p_9 , тыс. чел.;
- среднемесячная номинальная начисленная заработная плата p_{11} , руб.;
- наличие основных фондов организаций p_{21} , млн руб.;
- ввод в действие основных фондов p_{22} , млн руб.;
- объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» p_{26} , млн руб.;
- объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» p_{28} , млн руб.;
- оборот розничной торговли p_{30} , млн руб.;
- инвестиции в основной капитал p_{31} , млн руб.

В результате статистической обработки данных о состоянии и развитии городов установлено, что приведенные выше показатели имеют значимые взаимосвязи со многими

показателями и могут быть скомпонованы в группы, которые при наблюдении можно рассматривать как сложные совместные события, отражающие особенности городов по определенным аспектам их развития.

Группа показателей (*группа 1*), охватывающая три показателя: численность работников организаций p_9 , среднемесячную заработную плату p_{11} и инвестиции в основной капитал p_{31} , отражала состояние и развитие городов по факту возможности ведения различных видов социально-экономической деятельности. Объединенные в одну группу показатели (*группа 2*): объем товаров и услуг промышленного производства p_{26} , объем работ, выполненных в строительстве p_{28} , оборот розничной торговли p_{30} определяли экономический потенциал развития городов. В свою очередь, группа показателей (*группа 3*), состоящая из показателей: численность населения p_1 , наличие основных фондов организаций p_{21} и ввод в действие основных фондов p_{22} , характеризовала аспект демографического и инфраструктурного состояния и развития городов.

Выполненный анализ показал, что практически во всех случаях значения показателей городов Москва и Санкт-Петербург можно рассматривать как аномальные наблюдения по отношению к основной группе городов России, что вполне естественно, если исходить из особенностей данных городов. Анализ статистических характеристик средних, максимальных и минимальных значений основных показателей, а также среднеквадратичного отклонения указывает на существенную неоднородность и значительный разброс значений социально-экономических показателей для городов России (табл. 1).

Комплексная оценка объектов исследования проводилась на основе выделения индикативных совместных событий, характеризующих состояние городов. Для построения уравнений состояний объектов в виде вероятностных распределений была применена предложенная ранее методика оценки вероятности значимых событий [Звягинцева, 2013; Zviagintseva, 2014; Averin et al., 2015; Звягинцева, 2016а, б, в]. В качестве основного индикативного события, характеризующего состояние города в определенном аспекте, принято совместное событие одновременного наблюдения нескольких атрибутивных показателей. Статистическая вероятность совместных событий определялась путем разбиения всего наблюдаемого пространства показателей на прямоугольники (при двух показателях) или параллелепипеды (при трех показателях). Для этого длина всего диапазона наблюдаемых значений переменных от минимального до максимального делилась на одинаковое количество интервалов группирования и в образованных таким образом геометрических фигурах подсчитывалось количество находящихся точек. Относительные частоты находились делением числа этих точек на общее количество всех городов. Принципы, подходы и гипотезы, положенные в основу разработанного метода комплексной оценки и многопараметрического ранжирования, а также используемые алгоритмы приведены в работах [Аверин, 2014; Звягинцева, 2016а, в]. Статистическая вероятность w подсчитывалась кумулятивно во всей группе объектов (159 городов).

Регрессионные зависимости статистической вероятности совместного события наблюдения двух или трех показателей для таблиц данных за каждый из 2003 – 2015 гг. определялись в виде:

$$w = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{Prob} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt; \quad Prob = c_0 + s; \quad s = c_1 \cdot \ln \frac{p_1}{p_{1_0}} + c_2 \cdot \ln \frac{p_2}{p_{2_0}}$$

$$\text{или } s = c_1 \cdot \ln \frac{p_1}{p_{1_0}} + c_2 \cdot \ln \frac{p_2}{p_{2_0}} + c_3 \cdot \ln \frac{p_3}{p_{3_0}}, \quad (1)$$

где $Prob$ (пробит) – инверсная функция нормального распределения со средним, равным нулю и дисперсией, равной единице; w – статистическая вероятность совместных событий наблюдения показателей p_1, p_2 или p_1, p_2, p_3 , определенная алгоритмически; s – энтропия состояния объектов; c_0, c_1, c_2, c_3 – эмпирические константы; p_1, p_2, p_3 – выбранные показатели. В качестве опорных величин принимались минимальные значения показателей $p_{i_0} = p_{i_{min}}$ в группе городов (в столбце данных), которые наблюдались в 2003 году.

Показатели и статистические характеристики городов России с населением более 100 тысяч человек

Indicators and statistical characteristics of Russian cities, which population is more than 100 thousand people

№ п.п.	Показатель	Кол-во городов	Среднее значение	Минимум	Максимум	σ	Эмпирическое распределение	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Численность населения, тыс. чел.	178	418,4	4,80	12108	997,1	$Pr ob = -6,843 + 1,252 \cdot \ln p_1; \kappa = 0,992$	
2	Число родившихся на 1000 чел. населения	178	13,1	3,40	25	2,5	$Pr ob = -15,353 + 6,037 \cdot \ln p_6; \kappa = 0,997$	
3	Число умерших на 1000 чел. населения	178	12,0	0,50	20	3,1	$k = 0,992; Pr ob = 2,281 + 0,998 \cdot s;$ $s = -6,08 \cdot \ln p_7 + 2,08 \cdot \ln^2 p_7$	
4	Миграционный прирост, убыль (-) населения, чел.	178	2642,6	-3377,00	108800	9152,5	$Pr ob = -5,606 + 0,79 \cdot \ln p_8; \kappa = 0,987$	
5	Среднегодовая численность работников организаций, тыс. чел.	178	133,2	2,20	4701	387,5	$Pr ob = -4,587 + 1,104 \cdot \ln p_9; \kappa = 0,996$	
6	Численность признанных безработными, чел.	174	1346,2	9,40	24500	2368,7	$Pr ob = -8,123 + 1,225 \cdot \ln p_{10}; \kappa = 0,993$	
7	Среднемесячная номинальная начисленная зарплата, руб.	178	32082,8	16111,10	81533	12157,4	$Pr ob = -38,432 + 3,736 \cdot \ln p_{11}; \kappa = 0,993$	
8	Средний размер назначенных месячных пенсий, руб.	176	10805,8	101,00	28644	2716,4	$Pr ob = -46,204 + 4,978 \cdot \ln p_{12}; \kappa = 0,956$	
9	Численность пенсионеров, тыс. чел.	174	115,6	0,20	2836	243,4	$Pr ob = -5,354 + 1,264 \cdot \ln p_{13}; \kappa = 0,994$	
10	Общая площадь жилых помещений, приходящая в среднем на одного чел., м ²	178	23,0	12,50	49	3,8	$Pr ob = -25,322 + 8,153 \cdot \ln p_{14}; \kappa = 0,989$	
11	Число дошкольных образовательных организаций	177	84,8	1,00	1097	123,7	$Pr ob = -5,086 + 1,265 \cdot \ln p_{15}; \kappa = 0,996$	
12	Число детей в дошкольных образов. организац., тыс. чел.	178	28,4	0,30	1738	133,8	$Pr ob = -3,104 + 1,256 \cdot \ln p_{16}; \kappa = 0,997$	
13	Численность врачей на 10000 чел. населения, чел.	172	57,9	17,70	138	25,9	$Pr ob = -10,060 + 2,528 \cdot \ln p_{17}; \kappa = 0,986$	
14	Число больничных организац.	172	16,2	1,00	207	21,1	$Pr ob = -2,749 + 1,234 \cdot \ln p_{18}; \kappa = 0,969$	
15	Число зарегистрированных преступлений	171	6885,5	73,00	175000	14689,7	$Pr ob = -10,837 + 1,281 \cdot \ln p_{19}; \kappa = 0,964$	
16	Выявлено лиц, совершивших преступления, чел.	170	2445,0	33,00	37151	3602,7	$Pr ob = -9,106 + 1,236 \cdot \ln p_{20}; \kappa = 0,997$	
17	Наличие основных фондов организаций, млн руб.	178	275204,1	1980,80	9633474	785819,4	$Pr ob = -10,222 + 0,891 \cdot \ln p_{21}; \kappa = 0,994$	
18	Ввод в действие основных фондов, млн руб.	178	34435,6	174,80	1419107	120060,6	$Pr ob = -8,423 + 0,909 \cdot \ln p_{22}; \kappa = 0,978$	
19	Число предприятий и организаций	178	21949,3	158,00	1173170	92657,4	$Pr ob = -7,881 + 0,897 \cdot \ln p_{23}; \kappa = 0,995$	
20	Число перевезенных автобусами за год пассажиров, млн чел.	102	153,6	0,20	11990	1190,9	$Pr ob = -1,818 + 0,904 \cdot \ln p_{24}; \kappa = 0,991$	
21	Объем отгруженных товаров, выполненных работ и услуг собственными силами, млн. руб.:	добыча полезных ископаемых	71	38882,8	9,50	1330198	163353,1	$Pr ob = 12,817 + 1,01 \cdot s;$ $s = -2,96 \cdot \ln p_{25} + 0,177 \cdot \ln^2 p_{25}; \kappa = 0,998$
22		обрабатывающие производства	174	100128,3	3,90	3761464	329350,7	
23		производство и распределение электроэнергии, газа и воды	174	16682,3	10,80	561464	45605,6	$Pr ob = -9,652 + 1,071 \cdot \ln p_{27}; \kappa = 0,990$
24		Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», млн руб.	170	14447,6	22,40	674277	60173,0	$Pr ob = -7,367 + 0,890 \cdot \ln p_{28}; \kappa = 0,996$



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
25	Ввод в действие жилых домов, тыс. м ² общей площади	174	239,0	6,10	3146	377,5	$Pr ob = -4,722 + 0,974 \cdot \ln p_{29}; \kappa = 0,983$
26	Оборот розничной торговли, млн руб.	177	52679,1	12,20	4016987	308887	$Pr ob = -8,045 + 0,853 \cdot \ln p_{30}; \kappa = 0,988$
27	Инвестиции в основной капитал, млн руб.	177	33064,3	631,40	1412086	112864,2	$Pr ob = -8,483 + 0,903 \cdot \ln p_{31}; \kappa = 0,992$

σ – среднеквадратичное отклонение; k – коэффициент корреляции; $Pr ob$ – пробит вероятности

Согласно результатам работ [Аверин, 2014; Zviagintseva, 2014; Звягинцева, 2016а, б, в] вероятностные распределения (1), представленные через энтропию, позволяют преобразовать нелинейное пространство состояний объектов в линейное, где возможно введение понятия потенциала, отличающегося аддитивностью. При этом зависимости для потенциала при выборе индикативных совместных событий наблюдения двух или трех показателей представлялись в безразмерном виде:

$$U = \frac{p_1^2 - p_{1\min}^2}{c_1 \cdot p_{1\min}^2} + \frac{p_2^2 - p_{2\min}^2}{c_2 \cdot p_{2\min}^2}; \quad U = \frac{p_1^2 - p_{1\min}^2}{c_1 \cdot p_{1\min}^2} + \frac{p_2^2 - p_{2\min}^2}{c_2 \cdot p_{2\min}^2} + \frac{p_3^2 - p_{3\min}^2}{c_3 \cdot p_{3\min}^2}, \quad (2)$$

где p_i – выбранные для анализа показатели; c_i – константы, которые определяются регрессионным анализом; $p_{i\min}$ – минимальные значения показателей.

Использование потенциала позволяет осуществить ранжирование городов в пространстве анализируемых показателей.

Результаты оценки состояния городов России

Некоторые из полученных уравнений состояний для различных комбинаций показателей приведены в таблице 2 и на рисунках 1, а – 1, б. Как видно из таблицы 2 и рисунка 1, вероятности совместных событий наблюдения нескольких показателей тесно связаны с логарифмами отношений данных показателей к их соответствующим опорным значениям. Коэффициенты корреляции для регрессионных зависимостей пробит-энтропия имеют высокие значения (от 0,96 до 0,99), что говорит о возможности построения уравнений состояния городов в виде эмпирических функций распределения совместных событий.

Таблица 2
Table 2

Уравнения состояния городов (для 2015 года)
Equations of cities' condition (for 2015)

Показатели городов	Уравнение состояния	Коэф. корреляции
1	2	3
<i>Группа 1</i>		
p_9, p_{11}, p_{31}	$Pr ob = -4,763 + 0,520 \cdot \ln \frac{p_9}{p_{9\min}} + 0,923 \cdot \ln \frac{p_{11}}{p_{11\min}} + 0,169 \cdot \ln \frac{p_{31}}{p_{21\min}}$	0,96
p_9, p_{11}	$Pr ob = -4,700 + 0,696 \cdot \ln \frac{p_9}{p_{9\min}} + 1,160 \cdot \ln \frac{p_{11}}{p_{11\min}}$	0,96
p_9, p_{31}	$Pr ob = -3,025 + 0,711 \cdot \ln \frac{p_9}{p_{9\min}} + 0,350 \cdot \ln \frac{p_{31}}{p_{31\min}}$	0,99
p_{11}, p_{31}	$Pr ob = -5,919 + 1,234 \cdot \ln \frac{p_{11}}{p_{11\min}} + 0,437 \cdot \ln \frac{p_{31}}{p_{31\min}}$	0,98
<i>Группа 2</i>		
p_{26}, p_{28}, p_{30}	$Pr ob = -4,960 + 0,246 \cdot \ln \frac{p_{26}}{p_{26\min}} + 0,196 \cdot \ln \frac{p_{28}}{p_{28\min}} + 0,406 \cdot \ln \frac{p_{30}}{p_{30\min}}$	0,96

Окончание табл. 2

1	2	3
$P_{26} \cdot P_{30}$	$Pr ob = -4,684 + 0,279 \cdot \ln \frac{P_{26}}{P_{26 \min}} + 0,526 \cdot \ln \frac{P_{30}}{P_{30 \min}}$	0,97
$P_{28} \cdot P_{30}$	$Pr ob = -4,623 + 0,300 \cdot \ln \frac{P_{26}}{P_{26 \min}} + 0,585 \cdot \ln \frac{P_{30}}{P_{30 \min}}$	0,96
$P_{26} \cdot P_{28}$	$Pr ob = -4,354 + 0,455 \cdot \ln \frac{P_{26}}{P_{26 \min}} + 0,317 \cdot \ln \frac{P_{30}}{P_{30 \min}}$	0,96

Событийный подход позволяет искать связи и закономерности между вероятностями наблюдения различных событий, свойственных изучаемой группе объектов. Для примера на рисунке 2 представлены связи между вероятностями совместных событий наблюдения показателей групп 1, 2 и 3. Хотя коэффициенты корреляции зависимостей, приведенных на рисунке 2, несколько ниже (от 0,76 до 0,86), чем зависимостей, изображенных на рисунке 1, однако они являются значимыми и описываются линейными зависимостями. Из приведенных данных видно, что при описании состояния городов может быть построено множество событийных моделей в виде вероятностных распределений или уравнений, определяющих взаимосвязь вероятностей различных событий. Модели могут использоваться для установления закономерностей наблюдения событий, характеризующих состояние и развитие городов по различным аспектам (демографическому, социальному, экономическому, инфраструктурному и т. д.).

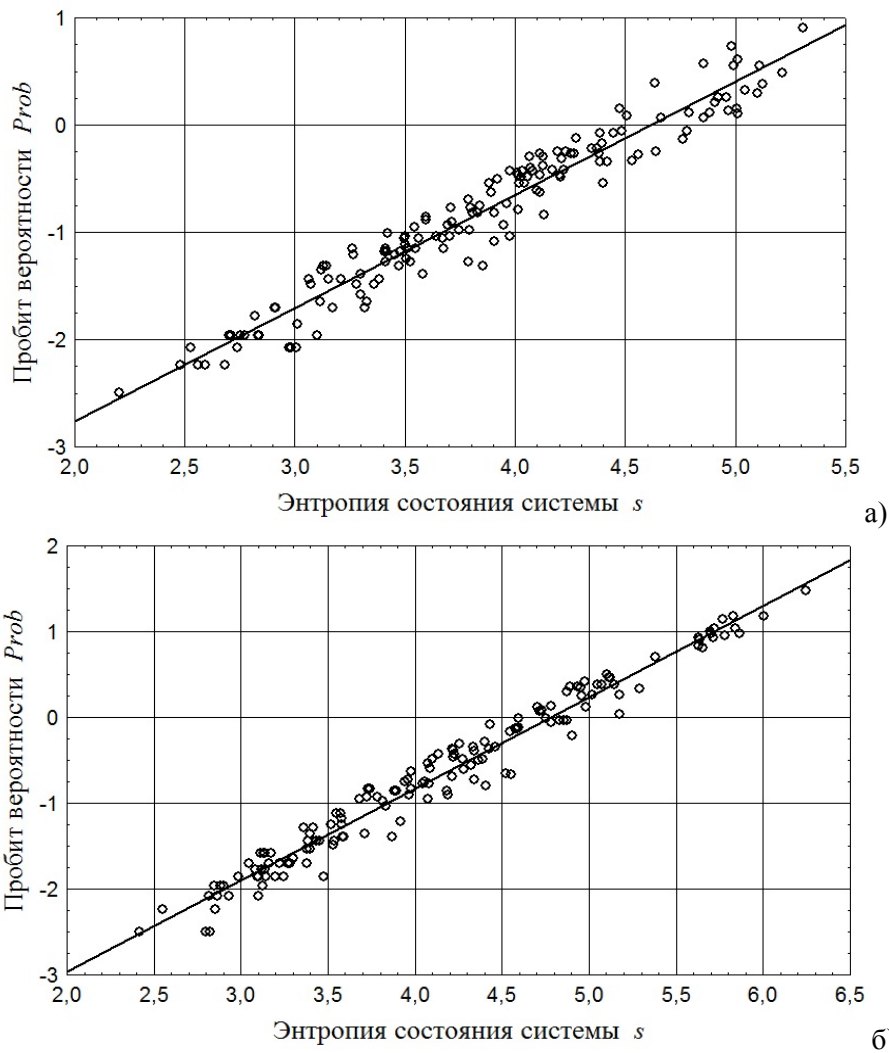


Рис. 1. Распределение вероятностей совместных событий, характеризующих состояния городов в 2013 году: а) группа 1; б) группа 2

Fig. 1. Distribution of probabilities of the joint events characterizing cities' conditions in 2013: a) group 1; b) group 2

Для ранжирования городов по уровню развития в качестве атрибутивных показателей принимались величины, входящие во вторую группу показателей, так как они отражают экономический потенциал развития городов: объем товаров и услуг промышленного производства p_{26} , объем работ, выполненных в строительстве p_{28} , оборот розничной торговли p_{30} . При ранжировании выбранные переменные также относились к значениям $p_{26 \min}$, $p_{28 \min}$, $p_{30 \min}$, в качестве которых были приняты минимальные показатели развития городов в 2003 году.

Для примера, результаты ранжирования городов по потенциалу состояния U для показателей второй группы приведены в таблице 3. В среднем в период с 2003 по 2015 годы в городах России промышленное производство выросло 4,2 раза, объемы работ в строительстве – в 3,9 раза и объемы торговли – в 2,7 раза. Это обеспечило рост среднего потенциала состояния городов в 13,9 раза.

К первым десяти городам, имевшим самый высокий уровень развития в 2013 году, относятся: Москва, Санкт-Петербург, Уфа, Омск, Пермь, Екатеринбург, Тольятти, Челябинск, Волгоград, Набережные Челны. Из таблицы видно, что потенциал состояния Москвы, Санкт-Петербурга, Уфы, Омска и Перми соотносится приблизительно как 137:22:1,3:1,25:1,0. Все это указывает на крайнюю неравномерность развития мегаполисов. В свою очередь, различие в оставшейся группе городов с населением более 100 тыс. человек при комплексной оценке по трем указанным выше показателям p_{26} , p_{28} и p_{30} еще более существенно и достигает по потенциалу состояния в 100 – 300 раз.

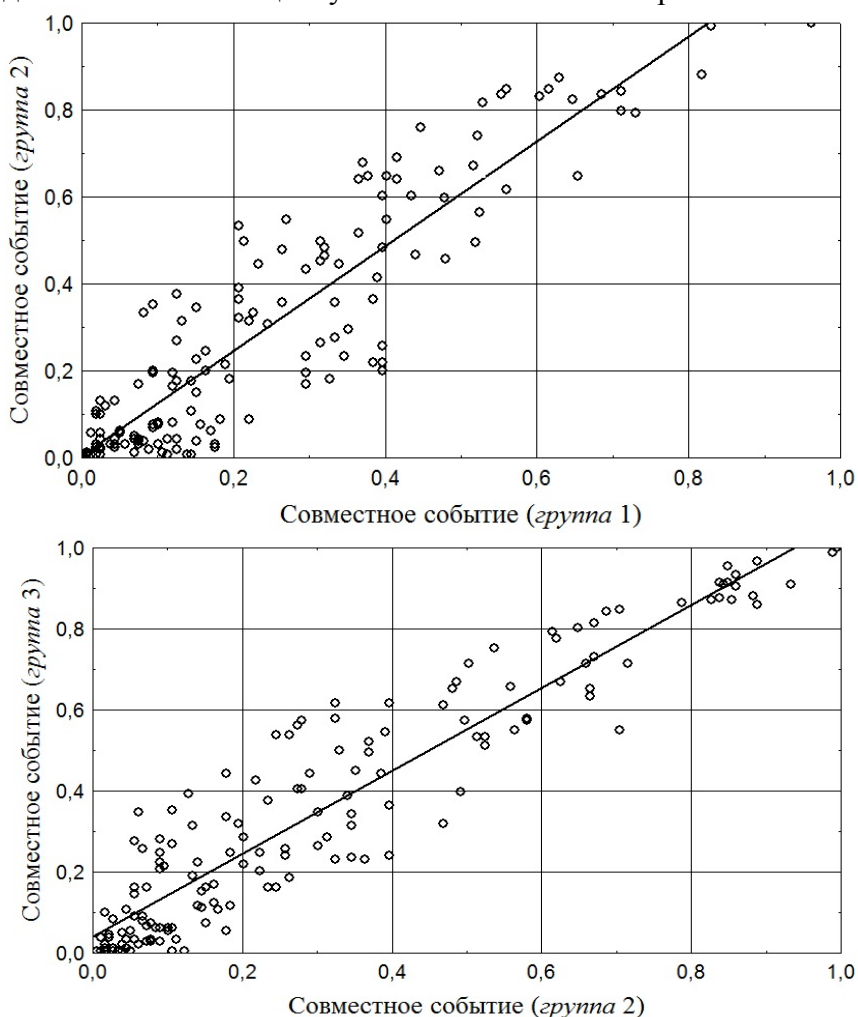


Рис. 2. Связь вероятностей совместных событий наблюдения групп показателей, характеризующих состояния городов в 2013 году

Fig. 2. Relation of probabilities of joint events of indicators' observation which characterize cities' conditions in 2013

Аналогичным образом проведена оценка уровня развития для других групп показателей, характеризующих различные аспекты социально-экономического и инфраструктурного состояния городов России с населением более 100 тыс. человек. Продемонстрированный метод событийной оценки, основанный на учете вероятностных закономерностей, позволяет анализировать уровень развития городов. Вероятностные методы оценки значимых событий отличаются универсальностью и дают возможности для описания состояний объектов на основе использования совокупности социальных, экономических и инфраструктурных показателей.

Заключение

Предложен метод комплексной оценки состояния городов на основе определения вероятности индикативных событий, отличающийся представлением состояния объектов через совместные события одновременного наблюдения нескольких значимых показателей, получением регрессионных зависимостей для оценки энтропии и определением потенциала состояния для множества городов, представленного в виде группы однотипных объектов. Это позволило выполнить многопараметрическое ранжирование городов России по комплексу социально-экономических показателей.

Из полученных результатов видно, что описание состояния городов по совокупности показателей возможно на основе получения уравнений состояний, имеющих вид распределений вероятностей совместных индикативных событий. В случае получения таких зависимостей, на основе статистических данных возможно установление среднестатистических тенденций развития городов и ранжирование положения каждого из них в многомерном пространстве показателей по отношению ко всей группе изучаемых объектов.

Предлагаемый метод можно отнести к объективным средствам информационного анализа разноплановых данных, так как в процессе исследования не используются экспертные подходы и не задаются весовые величины, позволяющие экспертным путем провести сравнение значимости оцениваемых факторов.

Таблица 3

Table 3

Значения потенциала U и рейтинги состояния городов России в 2003 и 2013 годах для показателей, входящих в группу 2
Values of potential and ratings of Russian cities' condition in 2003 and 2013 for the indicators from group 2

Города Российской Федерации	Потенциал состояния U (2003)	Потенциал состояния U (2013)	Ранги городов согласно предложенной методике	
			уровень развития (2003)	уровень развития (2013)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Белгород	94,8	893,0	59	56
Владимир	66,7	743,9	72	62
Воронеж	502,4	4134,2	25	32
Калуга	74,5	9134,6	67	22
Курск	141,6	888,4	46	58
Липецк	1387,0	16020,8	13	11
Орел	59,4	336,5	77	86
Рязань	322,4	3503,5	29	34
Тула	209,7	4234,9	42	31
Ярославль	444,0	3342,2	26	35
Москва	479919,4	6101907,4	1	1
Петрозаводск	68,9	201,4	70	100
Архангельск	101,5	170,0	58	103
Калининград	132,9	10860,1	48	16
Мурманск	151,9	512,3	44	71



Окончание табл. 3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Великий Новгород	60,2	906,3	76	55
Псков	29,6	146,8	93	107
Санкт-Петербург	20790,2	966141,3	2	2
Северодвинск	62,6	237,3	74	96
Краснодар	1242,8	10290,3	18	20
Астрахань	78,8	1593,9	66	46
Волгоград	834,3	17705,9	22	9
Ростов-на-Дону	1314,9	8899,9	15	23
Новороссийск	18,9	601,5	104	69
Сочи	137,9	10347,3	47	19
Таганрог	44,7	446,7	83	77
Ставрополь	224,4	494,2	40	72
Уфа	1447,3	57382,0	12	3
Казань	1070,1	11425,5	19	15
Пермь	2625,1	44522,1	4	5
Киров	105,9	703,5	56	64
Нижний Новгород	1762,0	14459,0	8	13
Оренбург	276,2	1322,0	34	48
Самара	1976,7	9334,1	7	21
Саратов	581,6	2628,8	24	36
Тольятти	4061,8	20284,1	3	7
Набережные Челны	317,1	5400,9	31	28
Нижнекамск	210,9	16997,6	41	10
Екатеринбург	2469,6	20535,0	5	6
Тюмень	373,5	6261,5	27	25
Челябинск	1617,1	19553,3	10	8
Нижний Тагил	202,8	6423,2	43	24
Первоуральск	14,9	651,5	111	66
Сургут	2376,7	15439,8	6	12
Магнитогорск	1333,6	13467,6	14	14
Улан-Удэ	123,3	485,8	50	73
Красноярск	892,5	10354,5	21	18
Иркутск	362,5	1599,6	28	45
Кемерово	321,4	1567,5	30	47
Новосибирск	1669,9	10399,1	9	17
Омск	1004,0	55878,6	20	4
Норильск	1575,8	4370,4	11	30
Владивосток	285,1	1644,1	33	43

**Список литературы
References**

1. Аверин Г.В. 2014. Системодинамика. Донецк, Донбасс, 405.
Averin G.V. 2014. Systemdynamics. Doneck, Donbass, 405. (in Russian).
2. База данных Федеральной службы государственной статистики. 2017. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138631758656 (5 апреля 2017).
Database of Federal State Statistics Service. 2017. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138631758656 (accessed 5 apr 2017). (in Russian).
3. Битюкова В.Р. 2012. Социально-экологические проблемы развития городов России. Изд. 3-е. М., Книжный дом «Либроком», 448.
Bitjukova V.R. 2012. Social'no-jekologicheskie problemy razvitija gorodov Rossii [Social and ecological problems of Russian cities' development]. Izd. 3-e. Moscow, Knizhnyj dom "Librokom", 448. (in Russian).
4. Глазырин М.В. 2016. Система устойчивого развития общества на уровне муниципального образования. М., Наука, 172.
Glazyrin M.V. 2016. System of invariable development of society at the municipality's level. Moscow, Nauka, 172. (in Russian).

5. Дружинин А.Г., Угольницкий Г.А. 2013. Устойчивое развитие территориальных социально-экономических систем: теория и практика моделирования. М., Вузовская книга, 224.
- Druzhinin A.G., Ugol'nickij G.A. 2013. Invariable development of territorial social and economic systems: theory and practice of modeling. Moscow, Vuzovskaja kniga, 224. (in Russian).
6. Звягинцева А.В. 2013. Комплексная оценка природно-антропогенных систем: предложения по развитию методологии. Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, 1(4)–2(5): 62–74.
- Zvjaginцева A.V. 2013. Comprehensive assessment of natural and human systems: proposals for the development methodology. Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii v naukah o prirode i obshhestve, 1(4)–2(5): 62–74. (in Russian).
7. Звягинцева А.В. 2016. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем. Под науч. ред. д.т.н., проф. Г.В. Аверина. М., Спектр, 257.
- Zviagintseva A.V. 2016. Probabilistic methods of a complex assessment of natural and anthropogenic systems. Pod nauch. red. d.t.n., prof. G.V. Averina. Moscow, Spektr, 257. (in Russian).
8. Звягинцева А.В. 2016. Модели состояния и развития стран мира на основе оценки статистических вероятностей индикативных событий. Научные ведомости БелГУ Сер. Экономика Информатика. 16(237): 123–131.
- Zviagintseva A.V. 2016. The world countries state and development models on the indicative events statistical probabilities assessment basis. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 16(237): 123–131. (in Russian).
9. Звягинцева А.В. 2016. О вероятностном анализе данных наблюдений о состоянии природно-антропогенных систем в многомерных пространствах. Научные ведомости БелГУ Сер. Экономика Информатика. 2(223): 93–100.
- Zviagintseva A.V. 2016. About probabilistic analysis of observational data about the natural and anthropogenic systems state in multidimensional spaces. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 2(223): 93–100. (in Russian).
10. Казанская А.Ю., Компаниец В.С., Боровская М.А. 2011. Социально-экономическое состояние «типичных» муниципальных образований. Саарбрюккен, LAP LAMBERT, 280.
- Kazanskaja A.Ju., Kompaniec V.S., Borovskaja M.A. 2011. Social and economic condition of “typical” municipalities. Saarbrjukken, LAP LAMBERT, 280. (in Russian).
11. Forrester, Jay W., 1969. Urban Dynamics, Waltham, MA: Pegasus Communications, 285.
12. Яйли Е.А. 2006. Научные и прикладные аспекты управления урбанизированными территориями на основе инструмента риска и новых показателей качества окружающей среды. СПб., РГГМУ, ВВМ, 448.
- Jajli E.A. 2006. Scientific and applied aspects of the urbanized territories' management on the basis of risk and new indicators of environment's quality. Saint-Petersburg, RGGMU, VVM, 448. (in Russian).
13. Averin G.V., Zviagintseva A.V., Konstantinov I.S. and Ivashchuk O.A. 2015. Data Intellectual Analysis Means Use for Condition Indicators Assessment of the Territorial and State Formations. Research Journal of Applied Sciences, 10(8): 411–414.
14. Eurostat. 2017. Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (accessed 5 apr 2017).
15. Guide to City Development Strategies Improving Urban Performance. Washington, D.C.: The Cities Alliance, 2006. 80 p. Available at: https://www.citiesalliance.org/sites/citiesalliance.org/files/CA Docs/resources/cds/cds-guidelines/cds_guidelines_final.pdf (accessed 6 apr 2017).
16. Joss, S. (ed.) Tomorrow's City Today: Eco - City Indicators, Standards & Frameworks / Bellagio Conference Report. 2012. London: University of Westminster.
17. Urban world: Mapping the economic power of cities. 2011. McKinsey Global Institute. Available at: www.mckinsey.com/mgi/ (accessed 6 apr 2017).
18. Zviagintseva A.V., 2014. Multiparameter ranking of areas based on the analysis of data about the condition of natural and anthropogenic systems. System analysis and information technology in environmental and social sciences, 1(6)–2(7): 76–83.

УДК 681.3.06

**ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ПРИОРИТЕТНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНВЕСТИРОВАНИЯ
НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ****EXPERT ASSESSMENT OF PRIORITY OF SUBJECTS TO INVESTMENT
ON THE BASIS OF THE METHOD OF THE ANALYSIS OF HIERARCHIES****Е.С. Сорокина, И.В. Скрипина
E.S. Sorokina, I.V. Skripina**Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: sorokina_e@bsu.edu.ru, skripina@bsu.edu.ru

Аннотация

В настоящей статье представлен выбор приоритетных объектов инвестирования с использованием ранжирования на базе метода анализа иерархических структур. Исследована информационно-управляющая система предприятия как объект для применения СППР. Выбор в качестве средства реализации СППР «Решение» обоснован тем, что данная система имеет удобный и адаптированный для конечного пользователя интерфейс, располагает всеми необходимыми средствами реализации и не требует дополнительных финансовых вложений в разрабатываемую систему поддержки принятия управленческих решений. Из предложенных альтернатив по заданным критериям выбран наиболее рациональный на данном этапе развития предприятия проект инвестиционных вложений. Предложенные критерии и альтернативы представлены в виде иерархии.

Abstract

In this article, the selection of priority objects of investment with the use of ranking on the basis of the method of analysis of hierarchical structures. Studied management information system of the enterprise as an object for application of DSS. The choice of the means of implementation of a DSS «Decision» is reasonable because this system has a comfortable and adapted to the end-user interface, has all the necessary means of implementation and does not require additional financial investments in the developed system of support of managerial decision-making. Of the proposed alternatives on specific criteria selected the most rational at this stage of development of the enterprise project investment. The proposed criteria and alternatives are represented in a hierarchy.

Ключевые слова: экспертная оценка, анализ иерархий.**Keywords:** expert assessment, analysis of hierarchies.**Введение**

Применение метода анализа иерархий позволяет включить в иерархию все имеющиеся у экспертной группы по рассматриваемой проблеме знания и интуицию. Подчеркнем, что данный метод отличается простотой и дает хорошее соответствие интуитивным представлениям. Именно эти свойства метода анализа иерархий позволяют рассматривать его в качестве базового метода решения многокритериальных задач экономического анализа [Лифиренко М.В., Ломакин В.В., 2015].

По нашему мнению, в данной статье, для решения практических задач по выбору проекта инвестирования может быть применена СППР «Решение», в которой в качестве инструментария используется метод анализа иерархий и имеется поддержка программными

продуктами, обладающими удобным пользовательским интерфейсом и дополнительным функционалом.

Результаты исследований

Алгоритм применения СППР «Решение» для принятия выбора проекта инвестирования включает следующие этапы.

- 1) построение адекватной модели проблемы в виде иерархии, включающей цель, альтернативные варианты достижения цели и критерии для оценки качества альтернатив;
- 2) определение приоритетов альтернатив путем линейной свертки приоритетов элементов на иерархии;
- 3) проверка суждений на согласованность;
- 4) принятие решения на основе полученных результатов.

Первым этапом в решении задачи принятия решения является декомпозиция проблемы через определение ее компонент и отношений между ними (рис.1).

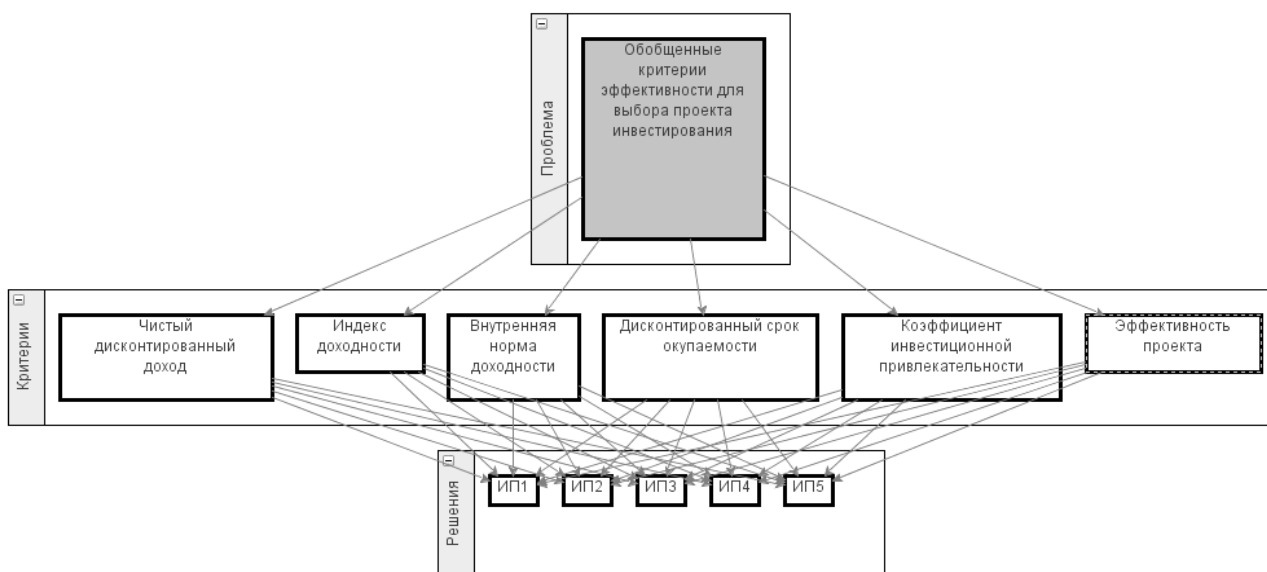


Рис.1. Иерархия для оценки выбора объекта инвестирования
Fig. 1. Hierarchy for assessing the choice of an investment object

Как видно из рисунка 1, СППР «Решение» представляет модель иерархии в наглядном виде и позволяет экспертной группе сосредоточиться на сравнении элементов иерархии. Выбор проекта инвестирования будет оцениваться по критериям оценки предложенных альтернатив:

- Чистый дисконтированный доход;
- Индекс доходности;
- Внутренняя норма доходности;
- Дисконтированный срок окупаемости;
- Коэффициент инвестиционной привлекательности;
- Эффективность проекта (вклад в улучшение производственной деятельности).

Следующим этапом является осуществление попарного сравнения отдельных компонент иерархии. Попарные сравнения – это процесс, согласно которому экспертные группы сравнивают все пары объектов из некоторого списка по определенному критерию, указывая каждый раз более предпочтительный по этому критерию объект.

Так, дисконтированный срок окупаемости дает информацию о риске и ликвидности проекта; NPV показывает прирост благосостояния акционеров компании; IRR оценивает доходность инвестиции и содержит информацию о «резерве безопасности проекта»; PI также дает информацию о «резерве предела безопасности»; PP показатель определяет срок, в

течение которого инвестиции будут «заморожены»; эффективность инвестиционного проекта – критерий, отражающий соответствие проекта целям и интересам участников проекта. Следовательно, рациональная оценка и выбор инвестиционного проекта могут быть осуществлены только по нескольким критериям эффективности.

Следует отметить, что при проведении процедуры сравнения элементов иерархии эксперту достаточно сложно самостоятельно провести сравнения таким образом, чтобы получаемая матрица парных сравнений имела коэффициент отношения согласованности (ОС) менее 10%, как того рекомендует метод анализа иерархий. Сложность этого процесса возрастает с увеличением количества сравниваемых элементов и на практике, уже начиная с 5 элемента, эксперту затруднительно формировать согласованные матрицы. Система «Решение» позволяет производить автоматическую корректировку суждений экспертов, для приведения матриц парных сравнений к согласованному виду. Вся информация по сравнению критериев отображается в одном окне (рис. 2).

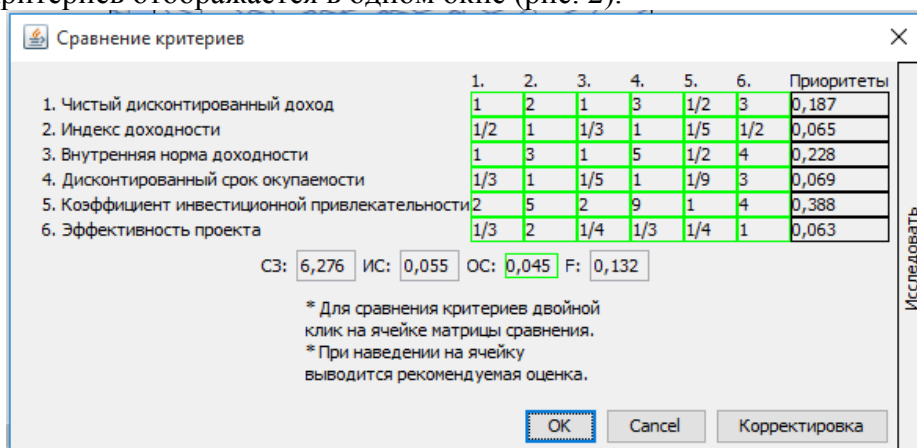


Рис. 2. Сравнение критериев
Fig. 2. Comparison of criteria

Заполнили первую строку матрицы парных сравнений, поставив оценку от 0 до 9. Считаем долю каждой альтернативы в первой строке, соизмеримо долям заполняем вторую строку и так до последней.

Определим индекс согласованности составленной матрицы, для этого из рисунка определим значение случайного индекса для матриц размером «пять на пять» $ИС = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} = 0,055$. Определим отношение согласованности: $ОС = (ИС/СИ) * 100\% = 4,5\%$.

Считается нормальным, если $ОС < 10\%$. 100% ОС эквивалентно случайным суждениям. В нашем случае $ОС = 4,5\%$ и матрицу можно считать согласованной. Затем составим матрицы парных сравнений альтернатив по всем критериям.

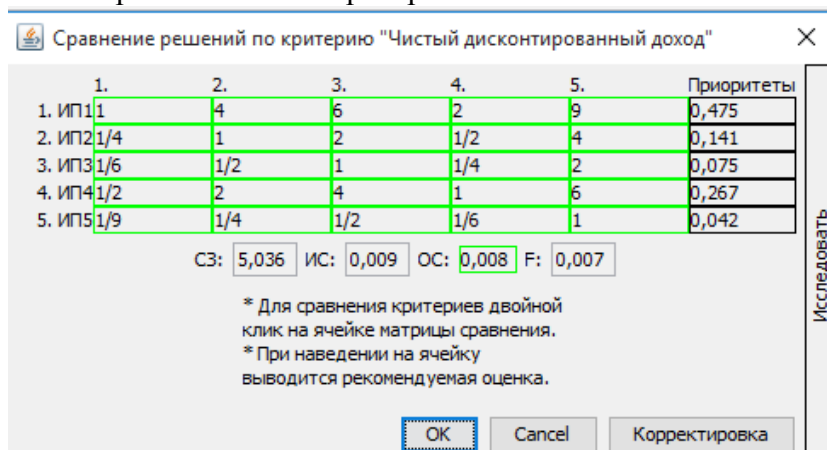


Рис. 3. Сравнение решений по критерию «Чистый дисконтированный доход»
Fig. 3. Comparison of solutions by criterion «Net discounted income»

Сравнение решений по критерию «Внутренняя норма доходности» представлено на рисунке 4.

При формировании матрицы парных сравнений следует помнить об анализе согласованности предпочтений. Томасом Саати был предложен показатель количественной согласованности, названный им индексом согласованности ($ИС \leq 0,01$).

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. ИП1	1	7	4	3	4	0,481
2. ИП2	1/7	1	1/4	1/4	1/4	0,044
3. ИП3	1/4	4	1	1/2	1/2	0,114
4. ИП4	1/3	4	2	1	2	0,210
5. ИП5	1/4	4	2	1/2	1	0,150

СЗ: 5,160 ИС: 0,040 ОС: 0,037 F: 0,034

* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения.
* При наведении на ячейку выводится рекомендуемая оценка.

OK Cancel Корректировка

Рис.4. Сравнение решений по критерию «Внутренняя норма доходности»

Fig. 4. Comparison of solutions by criterion «Internal rate of return»

Сравнение решений по критерию «Индекса доходности», «Дисконтированный срок окупаемости», «Коэффициент инвестиционной привлекательности», «Эффективности проекта» представлено на рисунках 5-9.

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. ИП1	1	9	9	2	4	0,513
2. ИП2	1/9	1	1	1/4	1/2	0,060
3. ИП3	1/9	1	1	1/4	1/2	0,060
4. ИП4	1/2	4	4	1	2	0,245
5. ИП5	1/4	2	2	1/2	1	0,122

СЗ: 5,003 ИС: 0,001 ОС: 0,001 F: 0,000

* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения.
* При наведении на ячейку выводится рекомендуемая оценка.

OK Cancel Корректировка

Рис.5. Сравнение решений по критерию «Коэффициент инвестиционной привлекательности»

Fig. 5. Comparison of solutions by criterion «Coefficient of investment attractiveness»

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. ИП1	1	1/4	1/9	1	1/4	0,049
2. ИП2	4	1	1/4	4	1	0,174
3. ИП3	9	4	1	9	4	0,554
4. ИП4	1	1/4	1/9	1	1/4	0,049
5. ИП5	4	1	1/4	4	1	0,174

СЗ: 5,076 ИС: 0,019 ОС: 0,018 F: 0,005

* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения.
* При наведении на ячейку выводится рекомендуемая оценка.

OK Cancel Корректировка

Рис. 6. Сравнение решений по критерию «Индекса доходности»

Fig. 6. Comparison of solutions by criterion «Index of profitability»

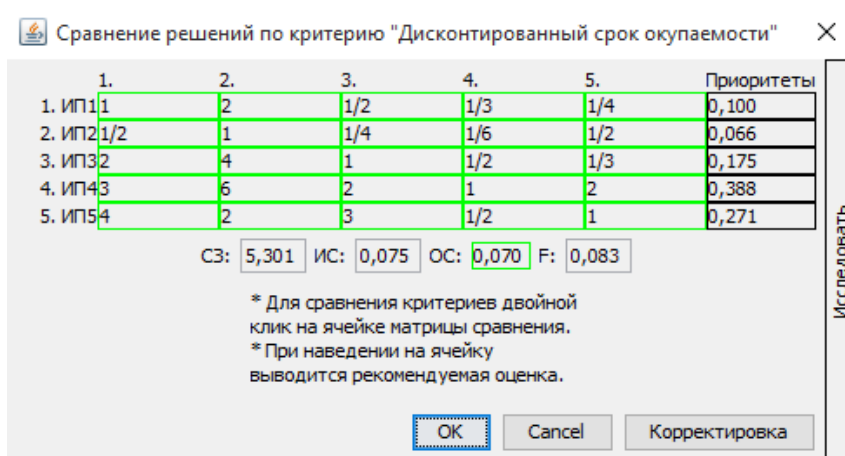


Рис. 7. Сравнение решений по критерию «Дисконтированный срок окупаемости»
Fig. 7. Comparison of solutions by criterion «Discounted payback period»

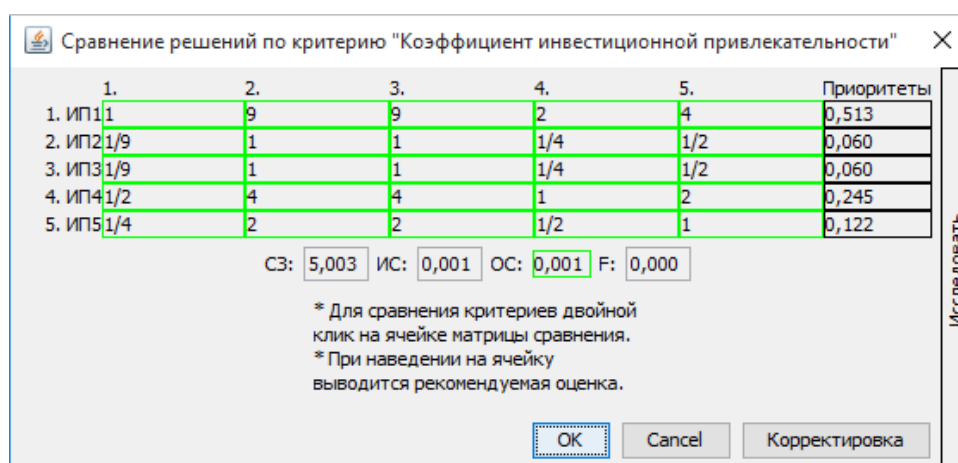


Рис. 8. Сравнение решений по критерию «Коэффициент инвестиционной привлекательности»
Fig. 8. Comparison of solutions by criterion «Coefficient of investment attractiveness»

Проводя парные сравнения критериев, автоматически ведется подсчет приоритетов критериев, а также согласованности полученной матрицы парных сравнений. После проведения ранжирования критериев по важности эксперт должен провести сравнение критериев по каждому инвестиционному проекту.

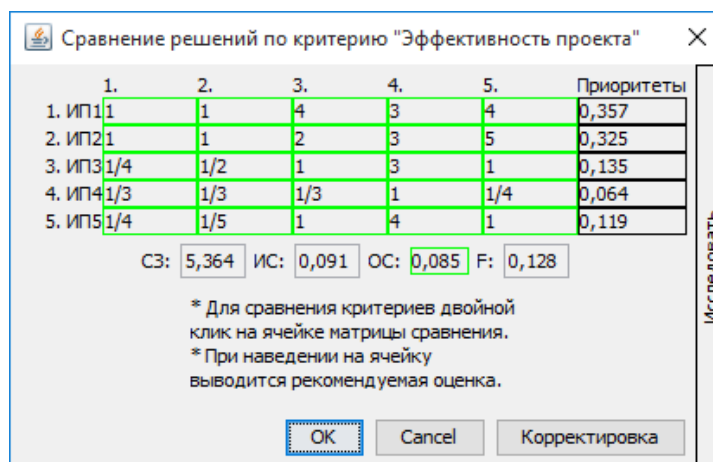


Рис. 9. Сравнение решений по критерию «Эффективности проекта»
Fig. 9. Comparison of solutions by criterion «Project Effectiveness»

Отчет по решению проблемы «Выбора проекта инвестирования» представлен на рисунке 10.

Отчет по решению проблемы "Обобщенные критерии эффективности для выбора проекта инвестирования"

Критерий оценки	Приоритет
Чистый дисконтированный доход	0.18670629275010325
Индекс доходности	0.06542745021951674
Внутренняя норма доходности	0.22819462635228044
Дисконтированный срок окупаемости	0.06864092358656503
Коэффициент инвестиционной привлекательности	0.3875614929037636
Эффективность проекта	0.06346921418777095

Рис. 10. Отчет по решению проблемы «Выбора проекта инвестирования»
Fig. 10. Report on the solution of the problem «Selection of the investment project»

Матрица сравнения критериев представлена на рисунке 11.

Из группы матриц парных сравнений формируется набор локальных приоритетов, которые выражают относительную значимость определенного проекта среди прочих проектов в рамках конкретного рассматриваемого критерия эффективности.

Матрица сравнения критериев							
Критерий:	Чистый дисконтированный доход	Индекс доходности	Внутренняя норма доходности	Дисконтированный срок окупаемости	Коэффициент инвестиционной привлекательности	Эффективность проекта	Приоритет:
Чистый дисконтированный доход	1	2	1	3	1/2	3	0,187
Индекс доходности	1/2	1	1/3	1	1/5	1/2	0,065
Внутренняя норма доходности	1	3	1	5	1/2	4	0,228
Дисконтированный срок окупаемости	1/3	1	1/5	1	1/9	3	0,069
Коэффициент инвестицион	2	5	2	9	1	4	0,388

Рис. 11. Матрица сравнения критериев
Fig. 11. Criterion comparison matrix

В каждой матрице выставляется степень приоритетности инвестиционных проектов относительно конкретного критерия, которая определяется путем проведения парных сравнений инвестиционных проектов по критериям доминирования одного проекта над другим по девятибалльной шкале отношений.

Согласно рассмотренной методике оценки инвестиционных проектов все альтернативы ранжированы в порядке убывания значения показателя приоритета. Таким образом, наиболее значимым является инвестиционный проект №1, так как он составил 0,43. Предлагаемый вариант многокритериальной оценки инвестиционного проекта может быть с успехом применен.

Вариант решения проблемы	Приоритет
ИП1	0.43019490137061633
ИП2	0.0962019121727922
ИП3	0.11992697012884806
ИП4	0.2265267427644801
ИП5	0.12714947356326334

Наилучшая альтернатива:

ИП1

Рис. 12. Варианты решения проблемы по приоритетности
Fig.12. Options for addressing the priority issue

Проведя все сравнения для иерархии, экспертная группа может перейти к результатам ранжирования инвестиционных проектов. Как видно из рисунка 13, наилучшей оценки заслуживает инвестиционный проект 1.

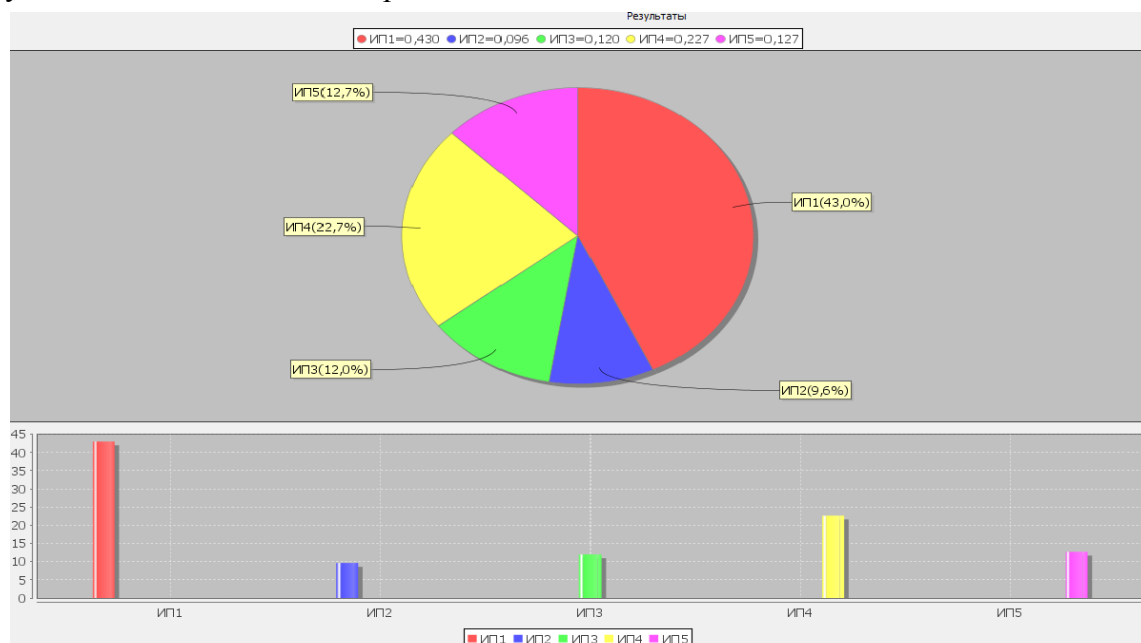


Рис. 13. Окно вывода результатов оценки критериев в СППР «Решение»
Fig. 13. On the output of the results of the evaluation criteria in the DSS «Solution»

Таким образом, для оценки критериев в условиях, когда информация достаточно неопределенна и слабо структурирована, может быть использована СППР «Решение». Система позволит собрать экспертную информацию, математически обработать ее и представить результаты вычислений в удобном виде. Кроме того, данная система позволяет находить оптимальные решения методом анализа иерархий, а также его модификации, которая устраняет некорректности классического подхода. Оценка проекта инвестирования, выполненная с помощью СППР «Решение», позволяет определить наиболее привлекательный для инвестора проект из нескольких возможных с использованием метода анализа иерархий, выявить приоритетные направления их дальнейшего развития.

Выводы

В работе были исследованы вопросы внедрения новых технологий управления таких как систем поддержки принятия решений с использованием метода анализа иерархий в информационно-управляющую систему предприятия, для увеличения эффективности предприятия в целом и для поддержки принятия управленческих решений, в частности.

Поскольку одним из стратегически важных направлений деятельности предприятия является инвестиционная деятельность, на примере распределения инвестиций из предложенных альтернатив по заданным критериям был произведен выбор инвестиционных вложений. Предложенные альтернативы представлены в виде иерархии

На основе представленных показателей с помощью алгоритма показана модель выбора приоритетного направления развития инвестиционной деятельности предприятия.

Для этого были построены таблицы сравнений важности критериев, матрицы парных сравнений критериев и альтернатив по предложенным критериям, таблица полезности альтернатив, рассмотрены формулы эффективности инвестиционных вложений.

Список литературы

References

1. Басакер Р., Саати Т., 1974. Конечные графы и сети. М., Наука, 368.
Bakker R., Saaty T., 1974. Finite graphs and networks. Moscow, Nauka, 368.
2. Басовский Л. Е., Басовская Е. Н. 2008. Экономическая оценка инвестиций. М., ИНФРА-М, 241.
Basovsky L.E., Basovskaya E.N., 2008. Economic evaluation of investment. Moscow, INFRA-M, 241.
3. Блюмин С.Д., Шуйкова И.А., 2001. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк, ЛЭГИ, 138.
Blyumin S.D. Chuikova I.A., 2001. Models and methods of decision-making under uncertainty. Lipetsk, LEGI, 138.
4. Калугин В.А., 2004. Многокритериальные методы принятия инвестиционных решений: Монография. СПб., Химиздат, 211.
Kalugin V.A., 2004. Multi-criteria methods of investment decisions: Monograph. SPb., Khimizdat, 211.
5. Кириллов Ю.В., Досуева Е.Е., 2013. Методика оценки коммерческой эффективности инвестиционных проектов. Экономический анализ: теория и практика, 32: 45-52.
Kirillov Yu.V., Doseeva E.E., 2013. The methods of estimating the commercial efficiency of investment projects. Economic analysis: theory and practice, 32: 45-52.
6. Лифиренко М.В., Ломакин В.В., 2015. Система поддержки принятия решений при экспертной оценке социальных рисков. Научные ведомости БелГУ Сер. Экономика Информатика. 19(216): 132-136.
Lifirenko M.V., Lomakin V.V., 2015. Decision support system for expert assessment of social risks. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 19(216): 132-136.
7. Ломакин В.В., Лифиренко М.В., Асадуллаев Р.Г., 2014. Комплекс критериев и алгоритмическое обеспечение процесса принятия решений при создании систем управления наружным освещением. Фундаментальные исследования. 11(11): 2370-2374.
Lomakin V.V., Lifirenko M.V., Asadullaev R.G., 2014. A set of criteria and algorithmic support of the decision-making process for creating control systems for outdoor lighting. Fundamental research. 11(11):2370-2374.
8. Ломакин В.В., Лифиренко М.В., 2014. Экспериментальное исследование адекватности функционала согласованности оценок в многокритериальных методах принятия решений. Информационные системы и технологии. 6(86): 14-20.
Lomakin V.V., Lifirenko M.V., 2014. Experimental study of the adequacy of the consistency of the estimates in multicriterion decision-making methods information systems and technologies. 6(86): 14-20.
9. Ломакин В.В., Лифиренко М.В., 2013. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов. Фундаментальные исследования. 11(9): 1798-1803.
Lomakin V.V., Lifirenko M.V., 2013. Algorithm for increasing the degree of consistency of the matrix of paired comparisons in conducting expert interviews. Fundamental research. 11(9): 1798-1803.
10. Ломакин В.В., Шаповалова И.С., Резниченко О.С., Клименко Н.А., 2014. Проектирование системы поддержки принятия решений при управлении корпоративной культурой организации. Научно-технический вестник Поволжья. 6: 218-220.
Lomakin V.V., Sharovalova I.S., Reznichenko O.S., Klimenko N.A., 2014. Designing a decision support system for managing the corporate culture of the organization. Scientific and Technical Herald of the Volga Region. 6: 218-220.
11. Любушин Н.П., Лещева В.Б., Дьякова В.Г., 2004. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. М., ЮНИТИ-ДАНА, 423.
Lyubushin N.P., Leshchev, V.B., Dyakova V. G., 2004. Analysis of financial and economic activity of the enterprise. M., UNITY-DANA, 423.
12. Макарова Л.Г., Макаров А.С., 2008. Экономический анализ и управление финансами фирмы. М., Академия, 336.
Makarova L.G., Makarov A.S., 2008. Economic analysis and financial management of the firm. M., Academy, 336.

13. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов:(Вторая редакция). 2000. Москва, ОАО НПО Экономика, 99.
Methodical recommendations on assessment of efficiency of investment projects(Second edition). 2000. Moscow, NPO Economy, 99.
14. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: утв. Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21.06.1999 №ВК 477.
Methodical recommendations on estimation of effectiveness of investment projects: approved. The Ministry of economy, Ministry of Finance of the Russian Federation, State Committee of Russia for construction, architecture and housing policy from 21.06.1999 №VK 477.
15. Ногин В.Д., 2004. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев. Вычислительная математика и математическая физика, 44(7): 1261-1270.
Nogin, V.D., 2004. A simplified version of the hierarchy analysis method based on nonlinear convolution of criteria. Computational mathematics and mathematical physics, 44(7): 1261-1270.
16. Огурцов А.Н., Староверова Н.А., 2013. Алгоритм повышения согласованности экспертных оценок в методе анализа иерархий. Вестник Ивановского государственного энергетического университета, 5: 81-84.
Ogurtsov, A.N., Staroverova N.A., 2013. The boosting algorithm expert estimates ' consistency in the analytic hierarchy process. Vestnik ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta, 5: 81-84.
17. Орлов А.И., 2004. Теория принятия решений. М., Март, 656.
Orlov A.I., 2004. The theory of decision-making. Moscow, March, 656.
18. Петровский А.Б., 2009. Теория принятия решений. Москва, Академия, 345.
Petrovsky A.B., 2009. The theory of decision-making. Moscow, Academy, 345.
19. Репушевская О.А., Марьина И.А., 2011. Инвестиции: учебное пособие. Московский филиал ЛГУ им. А.С. Пушкина, 157.
Repishevsky O.A., Mar'ina I.A., 2011. Investments: textbook. The Moscow branch of Lgfm. A.S. Pushkin, 157.
20. Резниченко О.С., Салина В.Г., 2013. Применение метода анализа иерархий для решения бизнес-задач многокритериального выбора. Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения, 2: 43-47.
Reznichenko O.S., Salina V.G., 2013. Application of the method of analyzing hierarchies for solving business problems of multicriteria choice. Modern science: actual problems and ways to solve them, 2: 43-47.
21. Ример М.И., 2011. Экономическая оценка инвестиций: учебник 4-е изд., перераб. и доп. СПб., Питер, 425.
Rimer M.I., 2011. Economic evaluation of investments: a textbook 4th ed. Rev. and additional SPb., Peter, 425.
22. Саати Т., 1993. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва, Радио и связь, 278.
Saaty T., 1993. Decision-making. Method of analysis of hierarchies. Moscow, Radio and communication, 278.
23. Саати Т., Кернс К., 1991. Аналитическое планирование. Организация систем. Москва, Радио и связь, 224.
Saaty T., Kerns K., 1991. Analytical planning. The organization systems. Moscow, Radio and communication, 224.
24. Трифилова А.А., 2003. Оценка инновационной активности предприятия. Инновации, 10: 102-108.
Trifilova A. A., 2003. Estimation of innovative activity of the enterprise. Innovation, 10: 102-108.
25. Тутыгин А.Г., 2010. Преимущества и недостатки метода анализа иерархий. Известия РГПУ им. А.И. Герцена. Естественные и точные науки, 122: 45-51.
Tutygin A.G., 2010. The advantages and disadvantages of the method of analysis of hierarchies. Izvestiya RGPU im. A.I. Herzen. Natural and exact Sciences, 122: 45-51.
26. Alonso J.A., 2006. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 14(4): 445-459.
27. Bradley R.A., Terry M.E., 2011. Rank analysis of incomplete block designs, I. the method of paired comparisons. Biometrika, 39: 324-345.
28. Saaty, Thomas L., 2008. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors. The Analytic Hierarchy. Network Process. Estadística e Investigación Operativa. Statistics and Operations Research Artículo panorámico. Survey. Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat, 102(2): 251-318.

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION TECHNOLOGIES AND TELECOMMUNICATION

УДК 621.391.15

ПОВЫШЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ СКРЫТНОСТИ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЛОЖНЫХ КАНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

INCREASE OF STRUCTURAL STEALTH OF SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS BASED ON USE OF COMPLEX CHANNEL SIGNALS WITH LINEAR FREQUENCY MODULATION

**С.П. Белов, С.И. Маторин, Ан.С. Белов, В.В. Красильников, С.В. Жеребцов
S.P. Belov, S.I. Mathorin, An.S. Belov, V.V. Krasilnikov, S.V. Gerebtsov**

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

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: belov@bsu.edu.ru, matorin@bsu.edu.ru, belov_a@bsu.edu.ru, kras@bsu.edu.ru,
zherebtsov@bsu.edu.ru

Аннотация

В настоящее время для обеспечения структурной скрытности систем спутниковой связи (ССС) широко применяются сложные каналные сигналы (ФМ ПСП сигналы), получаемые в результате модуляции гармонического колебания по фазе псевдослучайной последовательностью (ПСП), что позволяет обеспечить достаточно большой ансамбль сигналов с требуемыми характеристиками. Однако для эффективного использования указанных сигналов в ССС необходимо устранить неопределенность по частоте, возникающую в результате эффекта Доплера, что приводит к дополнительному увеличению времени поиска и синхронизации. Исходя из этого, очевидна актуальность решения задачи объединения положительных свойств ПСП и линейно-частотно модулированных (ЛЧМ) радиоимпульсов, которые, как известно, имея малый ансамбль слабокоррелированных форм, инвариантны к доплеровскому сдвигу частоты. Создание таких классов сложных каналных сигналов позволило бы значительно увеличить структурную скрытность ССС по сравнению с использованием ФМ ПСП сигналов, а также уменьшить затраты временных и частотных ресурсов указанных телекоммуникационных систем, с обеспечением одновременного информационного обмена для большего количества абонентов. В статье предлагается для решения изложенной выше задачи использовать сложный каналный сигнал с ЛЧМ, полученный в результате модуляции по фазе ЛЧМ радиоимпульса по закону псевдослучайной последовательностью (ЛЧМ ФМ сигналы). Разработанный класс сигналов, как показывают проведенные вычислительные эксперименты, обладает свойством инвариантности к доплеровскому сдвигу частоты и позволяет на порядок увеличить структурную скрытность ССС по сравнению с применением ПСП различных видов.

Abstract

Complex structural channel signals (FM PSP signals), obtained as a result of modulation of a harmonic phase oscillation by a pseudorandom sequence (PSP), are widely used to provide structural stealth of satellite communication systems (SSS), which allows to provide a sufficiently large ensemble of signals with the required characteristics. However, to effectively use these signals in the CCC, it is necessary to eliminate the uncertainty in frequency resulting from the Doppler effect, which leads to an additional increase in the search and synchronization time. Proceeding from this, the urgency of solving the problem of combining the positive properties of the PSP and linearly-frequency modulated (LFM) radio pulses is obvious, which, as is



known, having a small ensemble of weakly correlated forms, are invariant to the Doppler frequency shift. Creation of such classes of complex channel signals would allow to significantly increase the structural concealment of the SSS in comparison with the use of FM PSP signals, as well as to reduce the time and frequency resources of these telecommunication systems, while providing simultaneous information exchange for a larger number of subscribers. The article proposes to solve the above problem using a complex channel signal with LFM, obtained by modulating the phase of a LFM radio pulse in accordance with a pseudo-random sequence (LFM FM signals). The developed class of signals, as shown by the computational experiments, has the property of invariance to the Doppler frequency shift and makes it possible to increase the structural stealth of SSS by an order of magnitude in comparison with the use of various types of memory bandwidth.

Ключевые слова: структурная скрытность систем спутниковой связи, сложные канальные сигналы с ЛЧМ, псевдослучайные последовательности, ансамбль сигналов.

Keywords: structural concealment of satellite communication systems, complex channel signals with chirp, pseudo-random sequences, ensemble of signals.

Описание свойств ЛЧМ ФМ сигналов

В математическом виде ЛЧМ ФМ сигнал, как известно [Белов С.П., Жиляков Е.Г., Белов А.С. 2008], можно представить в виде:

$$S(t) = \begin{cases} S_0 \cdot \sum_{l=1}^N v_l \cdot \text{rect} \left\{ \frac{t - (l-1) \cdot \tau_3 - \frac{T}{2} - \frac{\tau_3}{2}}{\tau_3} \right\} \cdot \exp \left(j \mu \frac{t^2}{2} \right); & \text{при } |t| \leq \frac{T}{2} \\ 0; & \text{при других } t \end{cases} \quad (1)$$

где S_0 – амплитуда огибающей сигнала, в дальнейшем постоянная величина, равная 1, μ – крутизна модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульса (скорость изменения частоты), связанная с девиацией частоты ΔF и длительностью сигнала T соотношением $\mu = 2 \cdot \pi \cdot \Delta F / T$, τ_3 – длительность элемента кодирующей последовательности; N – количество элементов в ПСП;

v_l – коэффициент, характеризующий состояние ПСП, принимает значения +1 или -1,

$$\text{rect}(x) = 1, \text{ при } |x| \leq \frac{1}{2}; 0, \text{ при } |x| > \frac{1}{2}.$$

Сложные сигналы с ЛЧМ, как и большинство других классов широкополосных шумоподобных сигналов (ШШС), не являются ортогональными при произвольном временном и частотном сдвиге, в этом случае можно говорить только о квазиортогональности этих сигналов, то есть о приближении сложных сигналов с ЛЧМ к классу ортогональных.

Для оценки степени ортогональности сигналов при их временном и частотном смещении используют функцию взаимной неопределенности (ФВН), которая в математической форме, как известно [Кук Ч., Бернфельд М. 1971; Тузов Г.И. 1977; Белов С.П., Жиляков Е.Г. и др. 2015], может быть записана следующим образом:

$$\chi_{ij}(\tau, F_\delta) = \frac{1}{2E} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}_i(t) \cdot \dot{S}_j^*(t - \tau) \cdot \exp(j2\pi F_\delta t) dt \quad (2)$$

где: τ – временной сдвиг между сигналами, F_δ – доплеровский сдвиг частоты, E – энергия сигнала, $\dot{S}_i(t)$ – огибающая i -ого сигнала, $\dot{S}_j^*(t - \tau)$ – комплексно-сопряженная огибающая j -ого сигнала

Вполне естественно, поэтому, при оценке одновременного влияния рассогласования по частоте и задержке на качество приема предложенных классов сложных сигналов с ЛЧМ, использовать указанную выше ФВН. Анализ результатов экспериментальных исследований сечений огибающих ФВН ЛЧМ ФМ сигналов, плоскостью $F_\delta = 0$, типичные примеры которых представлены на рисунках 1-2, позволил установить, что максимальный уровень

бокового выброса практически не зависит от базы ЛЧМ радиоимпульса ($\Delta F \cdot T$), а в основном определяется длиной и типом ПСП. Значения максимальных уровней боковых выбросов находятся в пределах $(1,0 - 4,0) / \sqrt{N}$.

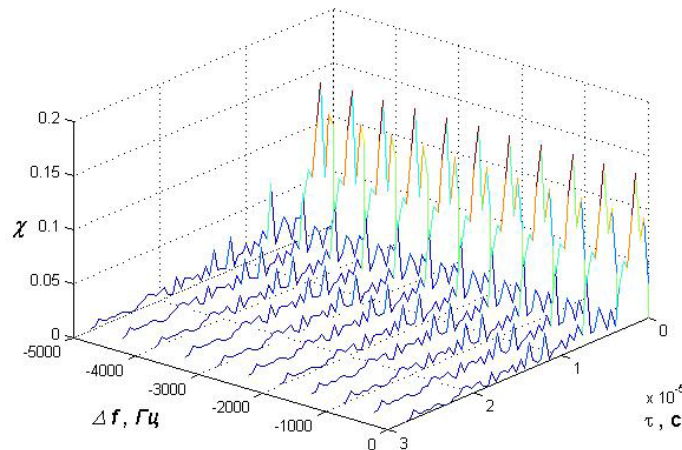


Рис. 1. ФВН ЛЧМ ФМ сигналов при числе элементов кодовой последовательности $N = 31$
 Fig.1. The FMU LFM PM signals with the number of elements of the code sequence $N = 31$

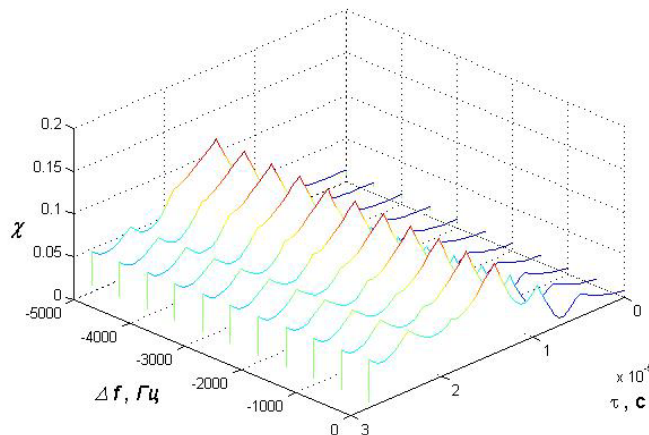


Рис. 2. ФВН ЛЧМ ФМ сигналов при числе элементов кодовой последовательности $N=127$
 Fig.2. The FMU LFM PM signals with the number of elements of the code sequence $N = 127$

Представляет определенный интерес рассмотрение свойств ЛЧМ ФМ сигналов, у которых признаком различия являются как структура ПСП, так и крутизна модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульсов. Для данных сигналов ФВН в математическом виде может быть представлена следующим соотношением:

$$\left| \chi_{ij}(\tau, F_0) \right| = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) \cdot T}} \cdot \left\{ \left[\sum_{l=1}^{N-|p|} v_l^i \cdot v_{l+p}^j \cdot ((C(x_2) - C(x_1)) + \sum_{l=1}^{N-|p|-1} v_l^i \cdot v_{l+p+1}^j \cdot ((C(x_4) - C(x_3))) \right]^2 + \right. \quad (3)$$

$$\left. + \left[\sum_{l=1}^{N-|p|} v_l^i \cdot v_{l+p}^j \cdot ((S(x_2) - S(x_1)) + \sum_{l=1}^{N-|p|-1} v_l^i \cdot v_{l+p+1}^j \cdot ((S(x_4) - S(x_3))) \right]^2 \right\}^{1/2}$$

где $C(x) = \int_0^x \text{Cos}(\frac{\pi y^2}{2}) dy$ – косинус интеграла Френеля, $S(x) = \int_0^x \text{Sin}(\frac{\pi y^2}{2}) dy$ – синус интеграла Френеля, а $x_1 - x_4$ – аргументы интегралов Френеля, которые в математическом виде записываются следующим образом:

$$x_4 = \frac{2}{\sqrt{2 \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) \cdot T}} \cdot \left((l \cdot \tau_s - \frac{T}{2}) \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) + (p \cdot \tau_s + \theta) \cdot \Delta F_1 + F_0 \cdot T \right),$$

$$x_3 = \frac{2}{\sqrt{2 \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) \cdot T}} \cdot \left((l \cdot \tau_s - \frac{T}{2}) \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) + p \cdot \tau_s \cdot \Delta F_1 + F_0 \cdot T + \theta \cdot \Delta F_2 \right),$$

$$x_2 = \frac{2}{\sqrt{2 \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) \cdot T}} \cdot \left((l \cdot \tau_s - \frac{T}{2}) \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) + p \cdot \tau_s \cdot \Delta F_1 + F_o \cdot T + \theta \cdot \Delta F_2 \right)$$

$$x_1 = \frac{2}{\sqrt{2 \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) \cdot T}} \cdot \left((l - \tau_s - \frac{T}{2}) \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) + (p \cdot \tau_s + \theta) \cdot \Delta F_1 + F_o \cdot T \right).$$

При оценке уровней боковых выбросов огибающих ФВН этого класса сигналов, типичные примеры которых представлены на рисунках 3-4, было установлено, что их наибольшие значения находятся в пределах $(1,5-2) \cdot \frac{1}{\sqrt{(\Delta F_1 - \Delta F_2) \cdot T}}$ при отношениях $\frac{\Delta F \cdot T}{N} \gg 1$ и практически не зависят от типа и длины ПСП. Кроме того, необходимо отметить, что при $(\Delta F_1 - \Delta F_2) \cdot T \gg 100$ уровень боковых выбросов почти не зависит от величины сдвига между сигналами.

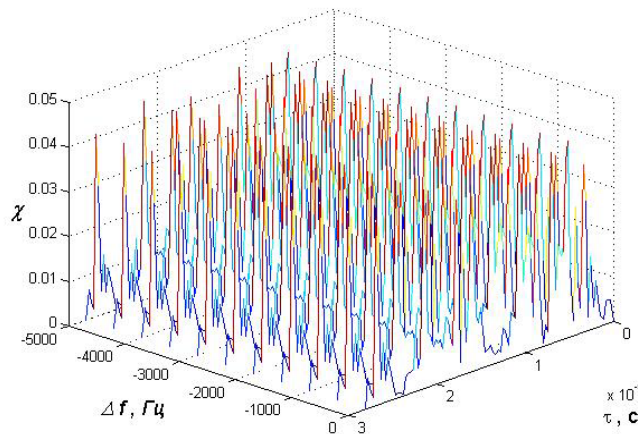


Рис. 3. ФВН ЛЧМ ФМ сигнала с $\frac{\Delta F \cdot T}{N} = 65$ при одинаковых ПСП, $N = 31$

Fig.3. The FMU LFM PM signal with $\frac{\Delta F \cdot T}{N} = 65$ at the same PRS, $N = 31$

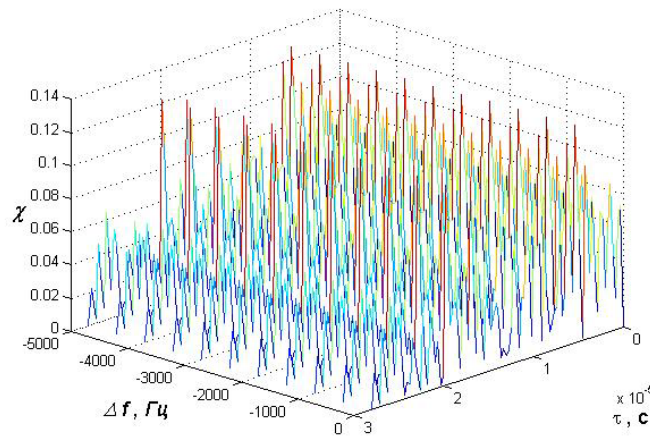


Рис. 4. ФВН ЛЧМ ФМ сигнала с $\frac{\Delta F \cdot T}{N} = 6,5$ при одинаковых ПСП, $N = 31$

Fig.4. The FMU LFM PM signal with $\frac{\Delta F \cdot T}{N} = 6,5$ at the same PRS, $N = 31$

Анализ уровней боковых выбросов сечений огибающих ФВН ЛЧМ-ФМ сигналов с $\frac{\Delta F \cdot T}{N} \ll 1$ показывает, что максимальные уровни боковых выбросов огибающих ФВН в основном определяются длиной и типом ПСП и находятся в пределах $(1,0-4,0) / \sqrt{N}$.



Нетрудно так же увидеть, что при $\tau = 0$ и одинаковых структурах ПСП выражение (3) после ряда преобразований может быть представлено соотношением:

$$\left| \chi_{ij}(\tau, F_\delta) \right| = \frac{2}{\sqrt{2 \cdot (\Delta F_1 - \Delta F_2) \cdot T}} \sqrt{C^2(x_2) + S^2(x_2)}, \quad (4)$$

т. е. выражение совпадает с выражением для огибающих ФВН «обычных» ЛЧМ радиоимпульсов с отличающимися параметрами модуляционных характеристик.

Для использования данных классов сигналов в ССС для повышения их структурной скрытности большое внимание необходимо уделять их ансамблевым характеристикам. Необходимо отметить, что признаками различия у разработанных классов сигналов являются или структура ПСП, или как структура ПСП, так и крутизна модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульсов.

В связи с этим для количественной оценки ансамблевых характеристик можно воспользоваться соотношением вида:

$$N = N_{ПСП} \cdot N_{ЛЧМ} \quad (5)$$

где $N_{ПСП}$ – количество различных форм в ансамбле используемых ПСП; $N_{ЛЧМ}$ – количество различных форм в ансамбле ЛЧМ радиоимпульсов.

В качестве ПСП могут быть использованы линейные или нелинейные последовательности, а также ПСП с изменяющейся длительностью.

Из формулы (5) видно, что объем ансамбля ЛЧМ ФМ сигналов с одинаковой крутизной модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульсов равен ансамблю ПСП, а объем ансамбля ЛЧМ ФМ сигналов с различной крутизной модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульсов равен произведению ансамблей ПСП и ЛЧМ радиоимпульсов. Количественные характеристики N , $N_{ПСП}$ и $N_{ЛЧМ}$ для длины ПСП равной 1000 элементов и базе ЛЧМ радиоимпульса $\Delta F \cdot T = 1000$, при условии, что уровень максимальных боковых выбросов огибающих ФВН для всех типов сигналов не превышает заданной величины $\frac{(1,0-4,0)}{\sqrt{N}}$, приведены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Количество N , $N_{ПСП}$ и $N_{ЛЧМ}$ для длины ПСП равной 1000 элементов и базе ЛЧМ радиоимпульса $\Delta F \cdot T = 1000$

The number N , N_{PRS} and N_{LFM} for the length PRS is equal to 1000 elements and the base of the LFM of the radio impulse $\Delta F \cdot T = 1000$

п/п	Типы последовательностей	$N_{ПСП}$	$N_{ЛЧМ}$	N
1	Одноуровневые линейные рекуррентные	$6 \cdot 10^2$	10	$6 \cdot 10^3$
2	Двухуровневые характеристические	$5 \cdot 10^2$	10	$5 \cdot 10^3$
3	Трехуровневые Голда	10^6	10	10^7
4	Производные ортогональные п	10^7	10	10^8

Заключение

Таким образом, ЛЧМ ФМ сигналы при различной крутизне модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульсов имеют как минимум в 10 раз больший ансамбль, нежели кодовые последовательности, что позволяет утверждать, что их применение в ССС позволит существенно повысить структурную скрытность этих систем. Кроме этого, предлагаемый класс сигналов при отношении базы ЛЧМ радиоимпульса к базе ПСП $\Delta F \cdot T / N > 1$ обладает инвариантностью к доплеровскому рассогласованию по частоте, что позволяет сделать вывод об эффективности его использования в ССС при нахождении ретранслятора на высокоэллиптической орбите.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 17-07-00289

Список литературы References

1. Белов С.П., Жилияков Е.Г., Белов А.С. 2008. Возможность применения одного класса сложных сигналов с ЛЧМ для передачи речевых данных в цифровых мобильных системах связи. Вопросы радиоэлектроники. Сер. «Электронная вычислительная техника (ЭВТ)». – М. – Вып. 1.: 161-171.

Belov S. P., Zhilyakov E. G., Belov A. S. 2008. Possibility of the use of a class of complex signals with chirp to transmit voice data in digital mobile communication systems. Questions of radio electronics. Ser. "Electronic computing equipment (EWT)". – М.– Vol. 1.: 161-171.

2. Кук Ч., Бернфельд М. 1971. Радиолокационные сигналы. Пер. с английского под ред. Кельзона М. М., Сов. Радио, 568.

Cook CH., Bernfeld M. 1971. Radar signals. Per. with English under the editorship of M. Kelson]. M., Sov. Radio, 568.

3. Тузов Г.И. 1977. Статистическая теория приема сложных сигналов. М., Сов. Радио, 400.

Tuzov G.I. 1977. Statistical theory of complex signal reception. M., Sov. Radio, 400.

4. Белов С.П., Жилияков Е.Г., Белов А.С., Рачинский С.А., 2015. Об одном способе цикловой синхронизации широкополосных сигналов. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 19(216): 187-191.

Belov S.P., Zhilyakov E.G. Belov A.S., Rachinskii S.A., 2015. Method of frame synchronization of wideband signals. Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]. 19(216): 187-191. (in Russian).



УДК 004.724.4

МОДЕЛЬ УЗЛА КОММУТАЦИИ КОРПОРАТИВНОЙ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

THE COMPANY MULTISERVICE NETWORK NODE MODEL

И.А. Сайтов, О.О. Басов, О.В. Романюк, Д.В. Шелковий
I.A. Saitov, O.O. Basov, O.V. Romanyuk, D.V. Shelkovyy

Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации»,
Россия, 302034, г. Орёл, ул. Приборостроительная, д. 35

Federal state military educational institution of higher professional education "Academy of the Federal security service of the Russian Federation", 35 Priborostroitelnaya St, Orel, 302034, Russia

e-mail: akramovish@mail.ru, oobasov@mail.ru, romolew@inbox.ru, shelkovoydenis@mail.ru

Аннотация

С целью повышения степени использования арендуемого у операторов связи канального ресурса транспортного уровня корпоративной мультисервисной сети связи требуется совершенствование существующих и разработка новых механизмов управления трафиком. При этом сложность в практической реализации таких механизмов возникает из-за отсутствия подходящих математических моделей сетевых узлов, позволяющих учесть особенности функционирования и обработки шифрованного трафика в таких сетях. В данной статье представлена модель узла коммутации корпоративной мультисервисной сети связи, отличающаяся от существующих учетом зависимости качества обслуживания трафика от параметров входящих потоков и характеристик загруженности исходящих каналов связи. Представлены результаты исследования разработанной математической модели на адекватность и состоятельность получаемых оценок в среде имитационного моделирования AnyLogic Professional v.6.

Abstract

In order to increase the degree of using of the channel resource leased from telecom providers in corporate multiservice communication network, it is necessary to improve existing and develop new traffic management mechanisms. Moreover, the complexity in the practical implementation of such mechanisms arises from the lack of suitable network node mathematical models that allow to take into account the features of the functioning and processing of encrypted traffic in such networks. This article presents a model of the corporate multiservice communication network node, which differs from the existing ones considering the dependence of the quality of the traffic servicing on the parameters of the incoming streams and the characteristics of the congestion of the outgoing communication channels. The results of a studying the developed mathematical model on the adequacy and consistency of the obtained estimates in the simulation environment AnyLogic Professional v.6 are presented.

Ключевые слова: корпоративная мультисервисная сеть связи, узел коммутации, качество обслуживания, криптотуннель, эффективно предоставляемая пропускная способность.

Keywords: the company multiservice network, node, quality of service, cryptotunnel, effective bandwidth.

В настоящее время в целях повышения конкурентоспособности, эффективности и результативности функционирования крупных компаний и корпораций, а также минимизации угроз для бизнеса за счет сохранности передаваемой и хранимой информации создаются защищенные корпоративные мультисервисные сети связи (КМСС). Данные сети строятся в соответствии с основными положениями концепции сетей связи следующего поколения (NGN – Next Generation Networks) [Бакланов И.Г., 2008; Рекомендация МСЭ-Т Y. 2001].

Согласно данной концепции можно выделить 3 основных уровня КМСС: уровень доступа, транспортный уровень, уровень услуг и управления.

Уровень доступа обеспечивает подключение оконечных терминалов пользователей, агрегацию пользовательских потоков и передачу их с применением различных технологий до транспортной сети. Канальный и коммутационный ресурс данного уровня чаще всего принадлежит корпорации.

Транспортный уровень обеспечивает передачу агрегированных потоков сетей доступа между территориально распределенными сегментами (филиалами) КМСС с требуемым уровнем качества обслуживания (КО) [Recommendation Y.1540; Recommendation Y.1541].

Немаловажным остается факт, что каналный ресурс данного уровня, в силу предъявляемых к нему требований по протяженности и пропускной способности (ПС), зачастую арендуется у операторов связи в виде виртуальных каналов (VPN – Virtual Private Networks).

Узлы коммутации (УК) транспортного уровня КМСС представляют собой отказоустойчивые кластеры за счет физического и логического резервирования маршрутов передачи данных.

Уровень услуг и управления обеспечивает управление услугами во время установления сеансов связи и их разъединения.

Для защиты информации, циркулирующей в КМСС, применяются программные и аппаратные средства криптографической защиты информации (СКЗИ) – криптошлюзы (КШ). Функционирование данных устройств, как правило, осуществляется в туннельном режиме, что приводит к установлению зашифрованных логических соединений – криптотуннелей (КТ) между взаимодействующими КШ [Приказ ФСТЭК РФ от 05.02.2010 N 58]. Типичная структура КМСС представлена на рисунке 1.

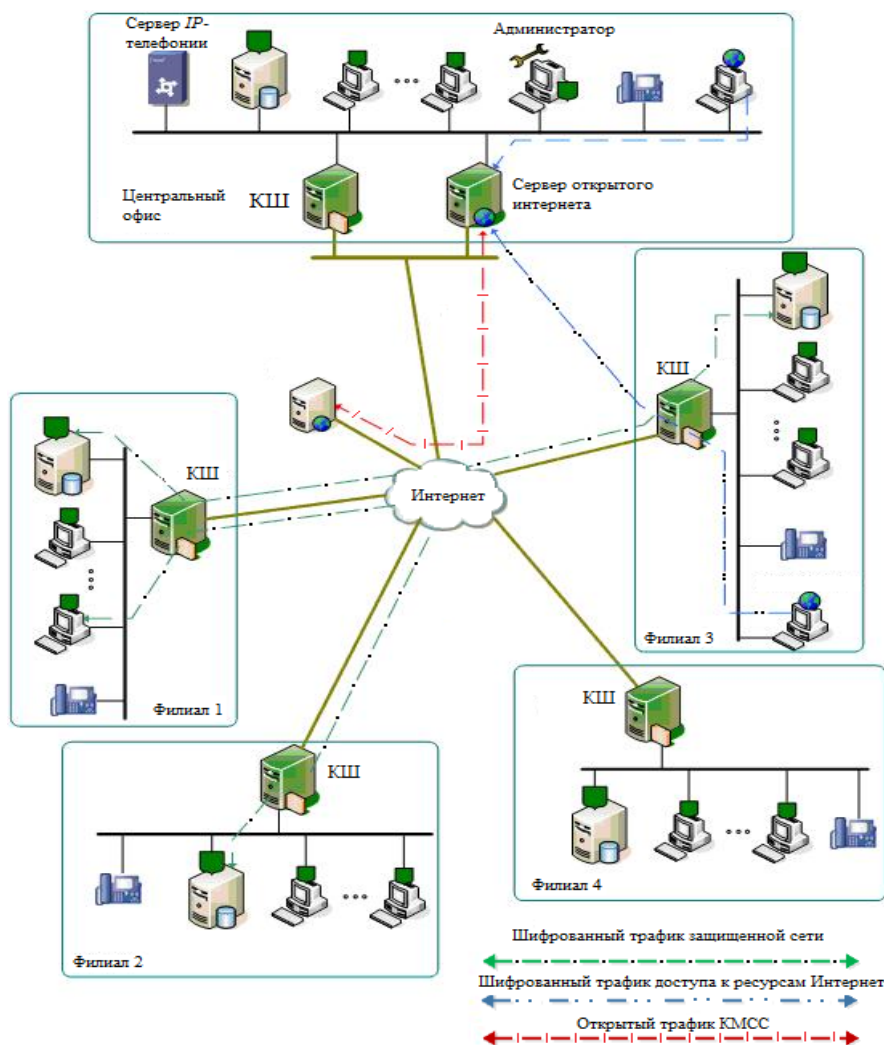


Рис. 1. Вариант обобщенной структуры КМСС
 Fig. 1. The version of the generalized structure of the CMSN

Анализ существующих решений построения КМСС показал, что зачастую наряду с предоставлением услуг реального времени (IP-телефония, видеоконференцсвязь, IP-TV и др.), требующих гарантированного уровня обслуживания, как правило, предоставляется услуга отложенной передачи данных – выход в Интернет.

Настройка механизмов КО на пограничных маршрутизаторах (Customer edge (CE) – маршрутизаторах со стороны узла клиента, которые непосредственно подключаются к маршрутизаторам оператора связи – Provider edge (PE)), подробно описанных в [Польщиков К.А., 2015], возлагается на администратора КМСС.

С целью недопущения перегрузок и поддержания работоспособного состояния предоставляемых услуг применяются соответствующие механизмы ограничения трафика (Token Bucket/Traffic Shaper) и приоритетного обслуживания пакетов (LLQ, PQ и др.), ориентируемые на пиковую нагрузку. Данные механизмы являются статическими, несогласованными между собой и не способными без вмешательства администратора адаптироваться под изменения текущей нагрузки и состояния загруженности арендуемых КС. Это приводит зачастую к недозагруженности дорогостоящего арендуемого ресурса КС КМСС и, как следствие, к экономической неэффективности его использования.

Вышеизложенное свидетельствует об острой актуальности задач совершенствования программных средств обеспечения КО трафика в УК КМСС на основе научно-обоснованных подходов к формальному описанию процессов обслуживания сообщений различного вида в условиях применения КШ. Для этого с использованием имеющегося в предметной области задела [Евсеева О.Ю., 2007; Симонина О.А., 2005] требуется разработка как моделей УК КМСС, так и соответствующих механизмов управления трафиком, позволяющих существенно повысить степень использования ресурсов арендуемых КС.

Разработка модели узла коммутации корпоративной мультисервисной сети связи

С целью выполнения требований по доступности и непрерывности предоставляемых услуг КМСС, предлагается один из подходов к разработке модели УК КМСС, учитывающей зависимость КО трафика от параметров входящих потоков и характеристик загруженности исходящих КС. Данная модель (в перспективе при реализации в виде ПО) должна обеспечить решение следующих задач:

- распределение поступающих потоков между отдельными логическими очередями выходных КС УК;
- выделение части ПС интерфейса для каждой логической очереди в зависимости от поступающей нагрузки;
- превентивное ограничение интенсивности поступающих на интерфейс потоков данных.

Исследования показали, что модель предотвращения перегрузки с активным управлением очередями, предложенная в [Лемешко А.В., Семеняка М.В., 2014], при адаптации к специфике КМСС позволит решать поставленные выше задачи и может быть практически реализована на УК КМСС (рис. 2).

Из всего множества предоставляемых услуг в КМСС можно выделить подмножество услуг S_1 , трафик которых не чувствителен к задержкам, но чувствителен к потерям, подмножество S_2 – услуги, трафик которых чувствителен как к задержкам, так и к потерям.

Например, к подмножеству S_1 относятся услуги передачи данных (файловый обмен, выход в Интернет), в то время как к подмножеству S_2 – услуги IP-TV, IP-телефония, видеоконференцсвязь и др.

Одной из отличительных особенностей предлагаемой модели является возможность ограничения интенсивности трафика КМСС подмножества S_1 за счет применения алгоритмов ограничения трафика. С этой целью в предлагаемую модель вводится управляющая переменная первого типа – $\alpha_{nj_k}^{S_1} \in [0,1]$, которая характеризует долю допущенного n -го потока услуги подмножества S_1 ($n = \overline{1, N}$) для обслуживания в j -й очереди ($j = \overline{1, J}$) k -го исходящего КС ($k = \overline{1, K}$).

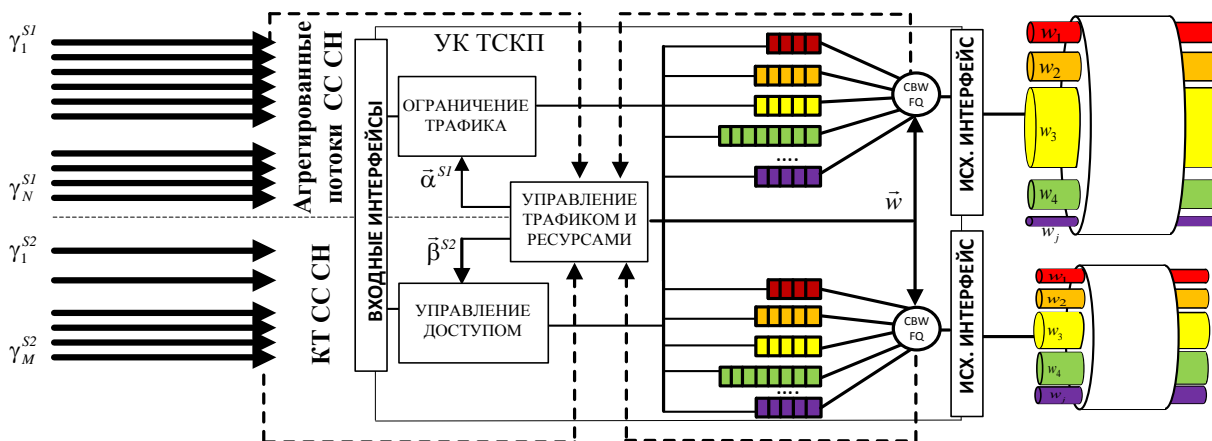


Рис. 2. Обобщенная схема обеспечения требуемого КО трафика КМСС
 Fig. 2. A generalized scheme for the required QoS traffic providing in CMSN

По своему физическому смыслу переменные $\alpha_{nj_k}^{S1}$ численно определяют скорость генерации жетонов алгоритма "дырявого ведра". Условие $\alpha_{nj_k}^{S1} = 0$ означает запрет на обработку потоков данных некоторой услуги в j -й очереди k -го исходящего КС.

В отличие от услуг подмножества $S1$, под потоками данных услуг подмножества $S2$ понимаются криптотуннели, трафик в которых представляет собой мультиплексированный поток пользовательских соединений защищаемого сегмента КМСС. Ограничение интенсивности агрегированного потока данных, поступающего в транспортную сеть, может привести к разрыву установленных сеансов связи в одном или нескольких криптотуннелях за счет превышения допустимой задержки обработки пакетов в сети, количества потерянных пакетов.

В таком случае, несмотря на то, что часть ресурсов пропускной способности арендуемого КС все же выделяется для предоставления услуг подмножества $S2$, данные ресурсы расходуются неэффективно с точки зрения обеспечения требуемого КО. В связи с этим в предлагаемую модель вводится переменная второго типа – $\beta_{mj_k}^{S2} \in [0,1]$, каждая из которых характеризует допуск или запрет на обслуживание m -го криптотуннеля ($m = \overline{1, M}$) в j -ой очереди ($j = \overline{1, J}$) k -го исходящего КС ($k = \overline{1, K}$).

Трафик, передаваемый в криптотуннеле, должен быть допущен к обслуживанию лишь при наличии доступных канальных ресурсов для его обслуживания с требуемым качеством.

Особенности функционирования КШ не позволяют расщеплять трафик, передаваемый в криптотуннеле, в связи с этим в каждой n -й и m -й строках матриц $\alpha_{nj_k}^{S1}$ и $\beta_{mj_k}^{S2}$ не допустимо наличие двух и более ненулевых элементов.

Предоставляемые услуги в КМСС характеризуются $\gamma_{n(m)}$ – интенсивностью поступления пакетов (скоростью передачи блоков данных) n -го (m -го) потока. С целью достижения максимального эффекта от применения предлагаемой модели УК КМСС под интенсивностью трафика необходимо рассматривать эффективную скорость передачи блоков данных [Степанов С.Н., 2010].

В рамках предлагаемой модели обеспечение требуемого КО трафика, обслуживаемого в каждой j -й очереди ($j = \overline{1, J}$) k -го исходящего КС ($k = \overline{1, K}$), достигается за счет выполнения условия, что суммарная интенсивность поступления трафика от сегмента КМСС не превышает интенсивности его обработки:

$$\sum_{n=1}^N \alpha_{nj_k}^{S1} \gamma_n^{S1} + \sum_{m=1}^M \beta_{mj_k}^{S2} \gamma_m^{S2} < \omega_k^j \cdot C_k, \tag{1}$$

где $\omega_k^j \in [0,1]$ представляет собой управляющую переменную третьего типа, характеризующую долю пропускной способности интерфейса, выделяемую для обслуживания трафика, поступающего в j -ю очередь планировщика ($j = \overline{1, J}$) k -го исходящего КС ($k = \overline{1, K}$), C_k – пропускная способность k -го исходящего КС ($k = \overline{1, K}$) КМСС.

Согласно физическому смыслу на переменную ω_k^j накладывается следующее ограничение:

$$\sum_{j=1}^J \omega_k^j \leq 1, \quad (2)$$

Искомые переменные всех трех типов удобно представить в виде соответствующих управляющих векторов:

$$\vec{\alpha}_{nj_k}^{S1} = \begin{bmatrix} \alpha_{11_1}^{S1} \\ \alpha_{12_1}^{S1} \\ \alpha_{NJ_1}^{S1} \\ \alpha_{21_2}^{S1} \\ \alpha_{22_2}^{S1} \\ \dots \\ \alpha_{NJ_k}^{S1} \end{bmatrix}, \vec{\beta}_{mj_k}^{S2} = \begin{bmatrix} \beta_{11_1}^{S2} \\ \beta_{12_1}^{S2} \\ \beta_{1J_1}^{S2} \\ \beta_{21_2}^{S2} \\ \beta_{22_2}^{S2} \\ \dots \\ \beta_{MJ_k}^{S2} \end{bmatrix}, \vec{\omega}_k^j = \begin{bmatrix} \omega_1^1 \\ \omega_2^1 \\ \dots \\ \omega_1^j \\ \omega_2^1 \\ \omega_2^2 \\ \dots \\ \omega_k^j \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Тогда обобщенный вектор управляющих переменных можно представить в следующем виде:

$$\vec{Y} = \begin{bmatrix} \vec{\alpha}_{nj_k}^{S1} \\ \vec{\beta}_{mj_k}^{S2} \\ \vec{\omega}_k^j \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Размер вектора \vec{Y} определяется структурой векторов (3), т. е. зависит от количества потоков, поступающих на обслуживание в УК КМСС, количества очередей и имеющихся исходящих КС.

Расчет управляющего вектора \vec{Y} (4) целесообразно осуществить в ходе решения оптимизационной задачи, связанной с максимизацией обслуживания с требуемым КО предложенной нагрузки и использования ресурсов ПС каналов связи:

$$\max_{\vec{\alpha}_{nj_k}^{S1}, \vec{\beta}_{mj_k}^{S2}, \vec{\omega}_k^j} F. \quad (5)$$

В [Лемешко А.В., Семеняка М.В., 2014] предложена линейная целевая функция вида:

$$F = \sum_{k=1}^K \left(\sum_{n=1}^N h_n^{\alpha^{S1}} \alpha_{nj_k}^{S1} \gamma_n^{S1} + \sum_{m=1}^M h_{m,j}^{\beta^{S2}} \beta_{mj_k}^{S2} \gamma_m^{S2} \right), \quad (6)$$

где $h_n^{\alpha^{S1}}$ – условная стоимость (метрика) ограничения поступающей нагрузки услуги связи КМСС подмножества $S1$, $h_{m,j}^{\beta^{S2}}$ – условная стоимость (метрика) обслуживания m -го потока трафика услуги связи КМСС в j -й очереди, h_j^{ω} – условная стоимость (метрика) предоставления доли ПС КС для обслуживания трафика в j -й очереди. Метрики $h_n^{\alpha^{S1}}$, $h_{m,j}^{\beta^{S2}}$ и h_j^{ω} должны напрямую зависеть от приоритета предоставляемых услуг связи КМСС.

Линейная целевая функция обладает хорошей наглядностью и относительно невысокой сложностью вычисления, что существенно упрощает реализацию данной модели. Также наиболее значимым достоинством ЦФ данного вида является возможность в условиях перегрузки, связанной с отказом одного из КС, предоставлять требуемое КО услугам КМСС с более высоким приоритетом за счет ресурсов выделяемых для менее приоритетных; в отсутствие перегрузок и наличии незадействованных ресурсов, резервируемых для высокоприоритетных услуг, предоставить их в интересах менее приоритетных.

Исследования показали, что значительным ограничением применения данной модели на практике является отсутствие математического аппарата, позволяющего оперативно оценивать требуемые ресурсы ПС КС при изменении интенсивностей поступающих потоков. От правильной оценки данных ресурсов непосредственно зависит не только КО потоков данных предоставляемых услуг, но и степень использования канальных ресурсов КМСС.

С учетом вышеизложенного особую актуальность приобретает задача разработки моделей оценивания требуемых ресурсов ПС КС для обслуживания поступающих на УК потоков данных услуг связи КМСС с требуемым уровнем КО.

Формальное решение задачи оценивания эффективно предоставляемой пропускной способности для обслуживания трафика групп криптотуннелей

Исходными данными для оценивания требуемых ресурсов ПС КС КМСС выступают количество терминального оборудования, предоставляющего услуги связи в КМСС, возможные информационные направления и вероятности их выбора, параметры кодеков, требования приложений к КО трафика при их передаче по сети оператора связи, а также интенсивности установления соединений. Данные параметры определяются по результатам предварительной статистической обработки предоставляемых услуг связи. В настоящее время, на основании вышеуказанных исходных данных оценка требуемых ресурсов ПС КС КМСС производится по методикам, ориентированным на возможную пиковую нагрузку, что приводит к завышенным результатам и низкой степени использования ПС КС.

С учетом вышеизложенного актуальность приобретает разработка математической модели (ММ), позволяющей оценить требуемые ресурсы ПС для обслуживания трафика наблюдаемой группы активных криптотуннелей. Далее под активным понимается такой КТ, время отсутствия нагрузки в котором не превышает заданного. Возможные состояния криптотуннеля представлены на рисунке 3.

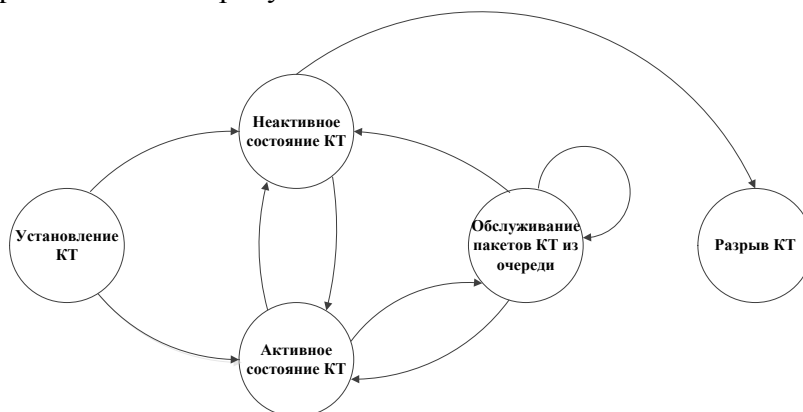


Рис. 3. Диаграмма возможных состояний криптотуннеля
Fig. 3. The diagram of a cryptotunnel possible states

В [S. Floyd, 1996] предложена ММ оценивания эффективно предоставляемой пропускной способности (ЭПКС) для обслуживания агрегированного потока данных, состоящего из n отдельных потоков с заданным качеством:

$$C\{r, p_i, \xi\} = r + \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{1}{\xi}\right) \sum_{i=1}^n (p_i)^2}{2}}, \tag{7}$$

где p_i – максимальная скорость передачи i-го потока данных, ξ – управляющий параметр, характеризующий вероятность потерь пакетов, r – значение средней скорости передачи агрегированного потока данных.

Согласно данной ММ параметр пиковой скорости передачи считается известным, а средняя скорость передачи данных измеряется на некотором промежутке времени. При этом в качестве ограничения данной модели скорость передачи потоков данных предоставляемых услуг должна представлять собой одномерный стационарный случайный процесс (СП).

Учитывая данные ограничения, применение данной ММ к потокам данных, передаваемых в криптотуннелях, в явном виде невозможно, что приводит к необходимости ее адаптации под условия функционирования КМСС.

С целью анализа байтовой интенсивности трафика в криптотуннеле на стационарность была создана имитационная модель (ИМ) в среде программирования AnyLogic 6 (рис. 4).

Функционирование данной ИМ производилось при следующих допущениях: интенсивность поступления соединений, количество терминального оборудования и средняя длительность устанавливаемых соединений в КМСС остаются постоянными величинами.

Анализ функционирования ИМ позволяет сделать вывод о том, что временной ряд изменения скорости трафика в криптотуннеле на коротком временном интервале, равном средней длительности устанавливаемых соединений, представляет собой нестационарный СП. Однако на интервалах времени более 30 мин, при условии активности криптотуннеля, СП можно рассматривать как стационарный с неизменными параметрами математического ожидания (средней скорости передачи) и дисперсии на некотором доверительном интервале, определяемом задаваемой надежностью получаемых оценок [Сухов А.М., 2006].

В данных условиях, оперативную оценку ЭПИС можно получать с помощью выше предложенной ММ, при выборе ограничений по минимально достаточному количеству криптотуннелей в группе и максимально допустимой вероятности потери пакетов.

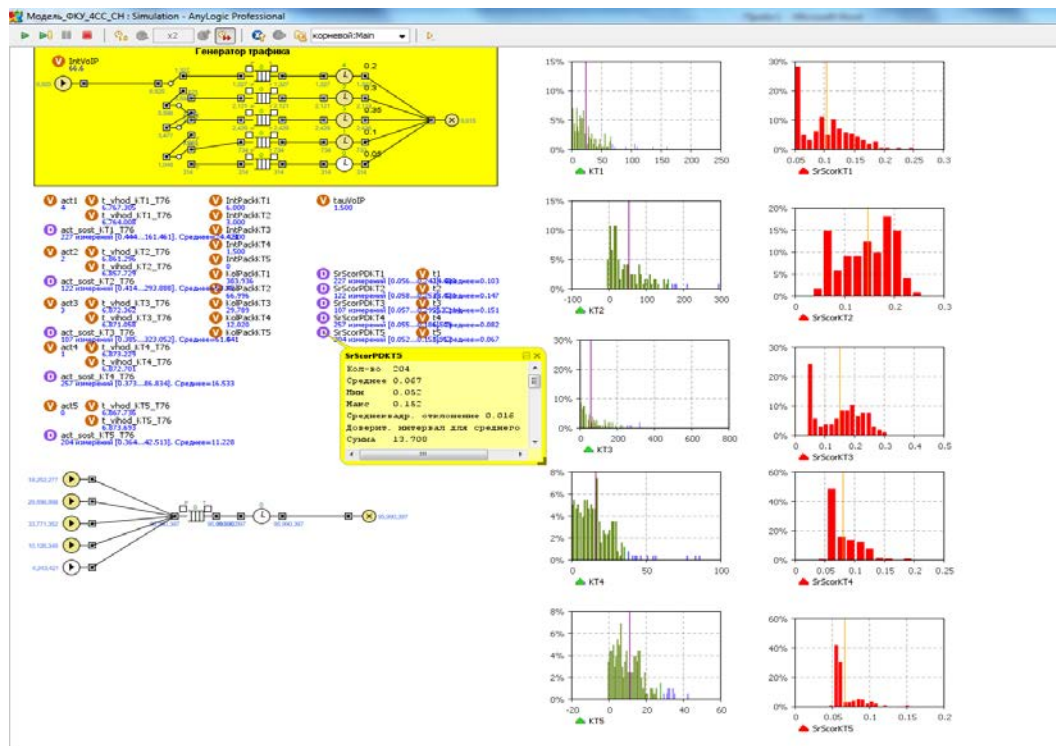


Рис. 4. Имитационная модель статистического оценивания вероятностно-временных характеристик трафика, передаваемого в криптотуннелях КМСС

Fig. 4. The simulation model of statistical estimation the probabilistic and temporal cryptotunnel traffic characteristics in CMSN

В целях проверки ММ на адекватность и непротиворечивость получаемых результатов, в среде программирования AnyLogic Professional v.6 была разработана ИМ (рис. 5), позволяющая воспроизвести функционирование УК КМСС.

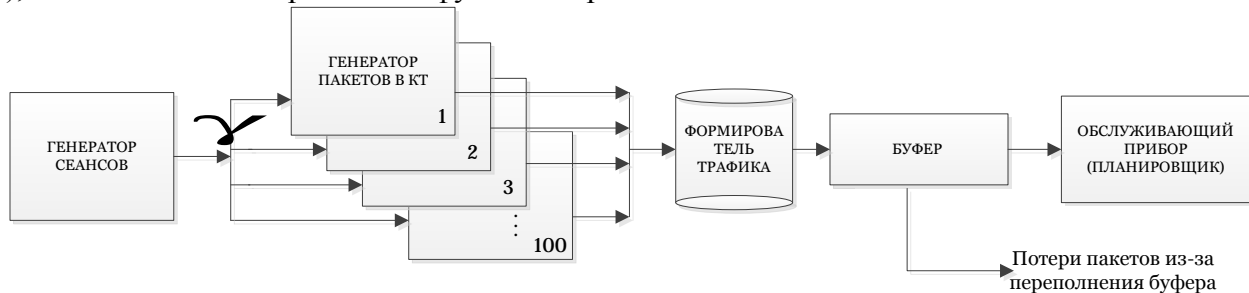


Рис. 5 Обобщенная схема имитационной модели УК КМСС
Fig. 5. The generalized scheme of CMSN node simulation model

Исходные данные при исследовании услуги видеотелефонии представлены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Услуга КМСС	Кол-во терминалов, ед	Кол-во криптотуннелей, ед	Интенсивность установления сеансов, сеансов/с	Мин. длительность сеанса, мин	Макс. длительность сеанса, мин	Мин. длина пакета, Байт	Макс. длина пакета, Байт	Кодек
Видеотелефония	30	100	0,000277	5	30	1600	1600	G.726
						46	1280	H.263

Результаты функционирования ИМ отражены на рисунке 6.

На графике крестиками отображены значения измеренной в течение 30 мин средней скорости передачи группы криптотуннелей на протяжении 600 минут модельного времени. По данным выборкам были получены интервальные оценки средней скорости передачи данных в группе КТ с задаваемой надежностью 0,99, методика вычисления которых подробно описана в [Савченко В.В., 2015]. Верхние границы полученных статистических оценок применялись в качестве средней скорости передачи трафика группы криптотуннелей.

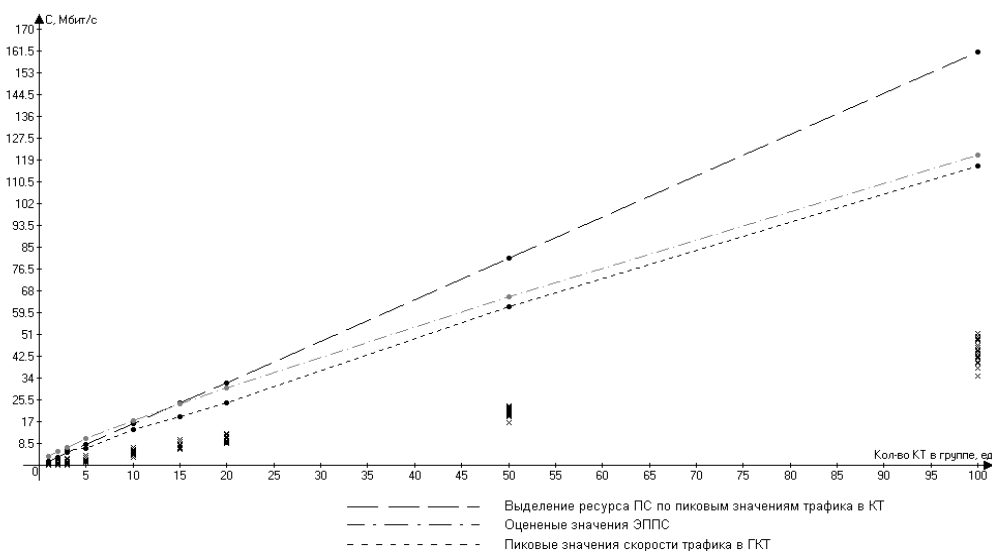


Рис. 6. Оценивание ЭППС с помощью параметров трафика, полученных на имитационной модели функционирования УК КМСС

Fig. 6. The effective bandwidth estimation using the traffic parameters obtained on the CMSN node simulation model

При количестве криптотуннелей менее 15, значение ЭППС оказывается выше, чем при выделении ресурса по пиковым скоростям, однако при количестве криптотуннелей в группе менее 5 позволяет в отличие от оценки по пиковым значениям обеспечить требуемое КО.

Вывод: В данной статье предложена модель узла коммутации КМСС, учитывающая зависимость качества обслуживания трафика от параметров входящих потоков и характеристик загруженности исходящих КС. Для применения данной модели на практике предложены дополнительные формальные средства оценивания параметров потоков трафика и требуемых для их обслуживания ресурсов. С помощью ИМ доказана адекватность получаемых оценок ЭППС для трафика группы криптотуннелей.

Заключение

Направлением дальнейших исследований видится разработка алгоритма управления, позволяющего с учетом задаваемых приоритетов услуг КМСС и условных стоимостей на ограничения трафика и ресурсов достичь максимальной производительности сети при обслуживании трафика с требуемым качеством.

Список литературы References

1. Recommendation Y.1541. Networks Performance Objectives for IP Based Services ITU-T. 2000.
2. Recommendation Y.1540. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters ITU-T. 1999.
3. Приказ ФСТЭК РФ от 05.02.2010 N 58 "Об утверждении Положения о методах и способах защиты информации в информационных системах персональных данных" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.02.2010 N 16456.
Prikaz FSTJeK RF ot 05.02.2010 N 58 "Ob utverzhdenii Polozhenija o metodah i sposobah zashhity informacii v informacionnyh sistemah personal'nyh dannyh" (Zaregistrovano v Minjuste RF 19.02.2010 N 16456.
4. Бакланов И.Г., 2008. NGN: принципы построения и организации. Москва, Эко-Трендз, 400.
Baklanov I.G., 2008. NGN:principy postroenija i organizacii. Moscow: Jeko-Trendz, 400.
5. Рекомендация МСЭ-Т Y. 2001. Сети последующих поколений – Структура и функциональные модели архитектуры. Международный союз электросвязи – Сектор телекоммуникаций. 2004.
Rekomendacija MSJe-T Y. 2001. Seti posledujushhh pokolenij – Struktura i funkcional'nye modeli arhitektury. Mezhdunarodnyj sojuz jelektrosvjazi – Sektor telekommunikacij. 2004.
6. Польщиков К.А., 2015. Анализ применимости методов обеспечения QoS для повышения производительности мобильной радиосети специального назначения. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 1(198): 148–157.
Pol'shnikov K.A., 2015. Analysis of the QoS methods applicable to improve performance of mobile radio network for special purpose. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija. Politologiya. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 1(198): 148–157.
7. Евсеева О.Ю., 2007. Мультиструктурная модель и метод управления в самоорганизующейся телекоммуникационной сети. Радиотехника: Всеукр. межведомств. науч.-техн. сб. 151: 98–105.
Evseeva O.Ju., 2007. Mul'tistrukturnaja model' i metod upravlenija v samoorganizujushhejsja telekommu-nikacionnoj seti. Radiotehnika: Vseukr. mezhvedomstv. nauch.-tehn. sb. 151: 98–105.
8. Симонина О.А., 2005. Модели расчета показателей QoS в сетях следующего поколения, диссертация на соискание степени кандидата технических наук, ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург
Simonina O.A., 2005. Modeli rascheta pokazatelej QoS v setjah sledujushhego pokolenija, dissertacija na soiskanie stepeni kandidata tehniceskix nauk, GUT im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha, Sankt-Peterburg
9. Лемешко А.В., Семеняка М.В., 2014. Модель и метод предотвращения перегрузки с активным управлением очередью на узлах телекоммуникационной сети. Проблемы телекоммуникаций. 91-104.
Lemeshko A.V., Semenjaka M.V., 2014. The model and method of preventing overload with active queue management on the nodes of the telecommunications network. Problems of telecommunications. 91-104.
10. Степанов С.Н., 2010. Основы телетрафика мультисервисных сетей. Москва, Эко-Трендз, 392.
Stepanov S.N. , 2010. Basics of teletraffic of multiservice networks. Moscow, Jeko-Trendz, 392.
11. S. Floyd, 1996. Comments on measurement – based admission controlled – load services. Lawrence Berkeley Laboratory Technical Report.
12. Савченко В.В., 2015. Определение объема контрольной выборки в условиях априорной неопределенности по принципу гарантированного результата. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 1(198): 74–78.
Savchenko V.V., 2015. The determination of sample size in conditions of a priori uncertainty on the principle of guaranteed result. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija. Politologiya. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 1(198): 74–78.
13. Сухов А.М., 2006. Моделирование нагрузки на участке высокоскоростной сети. Телекоммуникации. 2: 23–29.
Suhov A.M., 2006. Modeling the load on the high-speed network segment. Telekommunikacii. 2: 23-29.

УДК 004.934.8:159.9.072.52

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕЧЕВОГО ПРОФАЙЛИНГА**INFORMATION TECHNOLOGY OF SPEECH PROFILING****В.В. Савченко, Д.Ю. Акатьев****V.V. Savchenko, D.Yu. Akatyev**

Нижегородский государственный лингвистический университет им Н.А.Добролюбова
Россия, 603155, Нижний Новгород, ул. Минина, 31А

Nizhniy Novgorod state linguistic university of N.A. Dobrolyubov, 31A Minina st, Nizhniy Novgorod,
603155, Russia

e-mail: svv@lunn.ru

Аннотация

На основе теоретико-информационного подхода ставится и решается задача разработки и исследования новой технологии бесконтактного профайлинга по данным фонетического анализа речи тестируемого лица. Рассмотрено ее программное обеспечение, поставлен и проведен натурный эксперимент. Показано, что главными преимуществами речевого профайлинга по сравнению с его аналогами являются полная автоматизация, оперативность и безусловная приватность процедуры тестирования – в расчете на массового пользователя и широкое практическое применение.

Abstract

Based on information-theoretical approach is posed and solved the problem of development and research of new contactless profiling technologies according to the phonetic analysis of speech of the tested person. The software is considered and the full-scale experiment is set and fulfilled. It is shown that the main advantages of voice profiling compared to its counterparts are full automation, efficiency and absolute privacy of testing procedures aimed at an ordinary user and a wide practical application.

Ключевые слова: профайлинг, речевой профайлинг, анализ речи, речевой сигнал, речевые технологии, проблема малых выборок, теоретико-информационный подход.

Keywords: profiling, voice profiling, speech analysis, speech signal, speech technology, problem of small samples, information-theoretical approach.

Введение

Под "профайлингом" (от англ. profile – профиль, профилирование) специалисты понимают [Кузьмина, 2016; Пелюх, 2013] совокупность психологических методов и методик оценки и прогнозирования поведения человека на основе анализа информативных признаков вербального и невербального характера. На протяжении многих лет профайлинг применяется в мире в качестве мощного средства борьбы с терроризмом и преступностью. Причем, в последние годы область его практического применения стала существенным образом расширяться, в частности, по направлению создания новых систем и технологий управления [Марцева, 2014]. Известны также попытки специалистов [Потапова, 2015; Родькина, Никольская, 2016] использовать профайлинг в целях обеспечения личной безопасности граждан. Однако в данном направлении существует ряд серьезных ограничений, главным образом, этического и юридического характера. Согласно действующему в России законодательству граждане имеют право на приватность своей личной жизни. А это принципиальным образом ограничивает [Сказывалова, Васкэ, 2016] распространение на практике инструментальных методов профайлинга, основанных на детекторе лжи. Поиску путей преодоления указанной проблемы на основе речевой технологии профайлинга в расчете на его широкое применение и посвящена настоящая статья. В основу проведенного

далее исследования положена известная [Савченко, Васильев, 2014а, б; Лебедева, Каримова, 2014] взаимозависимость между психоэмоциональным состоянием личности и фонетическим качеством ее речи в его строгом, теоретико-информационном определении [Savchenko V.V., Savchenko A.V, 2016; Savchenko, 2015].

1. Постановка задачи

Современные методы фонетического анализа речи основываются [Савченко, Васильев, 2014] на последовательном членении речевого сигнала на короткие (10-15 мс) сегменты (n -векторы) данных $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ длиной в одну минимальную (не членимую более) речевую единицу (МРЕ) и на их последующем сопоставлении по тонкой структуре, в частности, в спектральном представлении [Savchenko, 2015], с существующими эталонами. Главной проблемой здесь является выбор и обоснование используемого множества фонетических эталонов $\{x_r^*\}$. Ее принципиальным решением может служить [Савченко, Васильев, 2014] задание каждой отдельной МРЕ не одним, а одновременно несколькими допустимыми образцами (аллофонами) $\mathbf{x}_{r,j}$, $j = \overline{1; J_r}$, где $r = \overline{1; R}$, а R – объем фонетической базы данных. При этом каждый конкретный диктор в процессе речеобразования выбирает для себя наиболее удобный и достижимый вариант $\mathbf{x}_{r,j}$ эталонного произношения.

Одновременно становится понятным и собственно критерий качества формируемого (на выходе речевого тракта диктора) сигнала: он должен войти в границы J_r - множества вариантов рассматриваемой МРЕ x_r как полноправный, $(J_r + 1)$ -й его элемент. Задача переходит, в таком случае, в сугубо предметную плоскость: сначала по каждой из МРЕ требуется сформировать множество (кластер) ее допустимых образцов – на этапе обучения диктора. И после этого в процессе речеобразования тестировать текущий сигнал \mathbf{x} согласно правилу близости

$$J_r^{-1} \sum_{j=1}^{J_r} \rho(\mathbf{x} / \mathbf{x}_{r,j}) \leq \rho_0 \quad (1)$$

в некоторой метрике $\rho(\mathbf{x} / \mathbf{x}_{r,j})$. При достаточной степени малости порогового уровня ρ_0 и выполнении требования (1) качество речи диктора на фонетическом уровне можно оценить как достаточно высокое. И, наоборот, при нарушении данного требования соответствующая (текущая) МРЕ должна быть забракована наблюдателем (условным слушателем) как ошибка речеобразования.

2. Информационный критерий качества

Отметим важную отличительную особенность правила (1): в каждый момент времени решение может быть принято в пользу либо одной, либо двух, а вообще говоря, и нескольких МРЕ из используемой диктором фонетической базы данных $\{X_r\}$; либо вообще не принято – для сигналов \mathbf{x} нечеткой (маргинальной) структуры. И это точно соответствует теории и практике речеобразования [Информационная система, 2013]: в ней не исключаются сбои и, как их результат, брак.

В вычислительном отношении проще, однако, задаться аналогичным (1) условием [Савченко, Васильев, 2014]

$$\rho_r(\mathbf{x}) \leq \rho_0 \quad (2)$$

в отношении расстояния от сигнала \mathbf{x} до «центра массы» рассматриваемого кластера:



$$\mathbf{x}_r^* = \mathbf{x}_{r,v} : J_r^{-1} \sum_{j=1}^{J_r} \rho(\mathbf{x}_{r,j} / \mathbf{x}_{r,v}) = \min_{i \leq J_r} J_r^{-1} \sum_{j=1}^{J_r} \rho(\mathbf{x}_{r,j} / \mathbf{x}_{r,i}) = \rho_r^* \quad (3)$$

В режиме реального времени (в процессе восприятия речи) вместо $J_r \gg 1$ расстояний из (1) здесь вычисляется только одно расстояние $\rho_r(\mathbf{x}) = \rho(\mathbf{x} / \mathbf{x}_r^*)$ в пределах кластера X_r : до его центра \mathbf{x}_r^* (символом $\overset{\Delta}{=}$ обозначено равенство по определению). Указанный центр – это обобщенный эталон данного кластера, или эталон соответствующей фонемы. А множество таких эталонов $\{\mathbf{x}_r^*\}$ – экономный способ задания фонетической базы данных конкретной личности. В информационной теории [Savchenko V.V., Savchenko A.V, 2016] в роли расстояний между аллофонами в (3) используются величина информационного рассогласования по Кульбаку-Лейблеру [Kullback, 1997], которая, как известно [Savchenko, 2016], наилучшим образом сочетается с нормативными аудиторскими оценками ФКР.

Нетрудно заметить, что в рамках информационной модели (2) ФКР диктора в количественном отношении может быть охарактеризовано величиной ρ_r^* из правой части выражения (3). Указанная величина - это средний радиус фонетического кластера X_r , который в нашем случае используется для оценки вариативности одноименной МРЕ. При ее увеличении в процессе речеобразования можно говорить об ухудшении ФКР за счет увеличения вариативности речи диктора. При уменьшении ρ_r^* фонетическое качество, напротив, улучшается – за счет повышения степени однородности речевых единиц в пределах одного речевого потока.

Таким образом, в форме выражения (3) определяется информационный критерий ФКР по конечному набору образцов g -й МРЕ. Его практическая реализация в принципиальном отношении не вызывает никаких проблем, о чем подробно сказано в работах по фонетическому декодированию речи [Savchenko V.V., Savchenko A.V, 2016; Savchenko, 2016]. Отталкиваясь от их рекомендаций, далее на основе критерия (3) предлагается технология профайлинга принципиально нового типа – по конечному фрагменту устной речи диктора. Его программная реализация в своем пилотном варианте базируется на авторском программном решении "Voice Self-Analysis" [Савченко В.В., 2017].

3. Программная реализация

Главное окно программы показано на рис. 1.

Показатель текущего ФКР из выражения (3) формируется (оценивается) в программе в режиме скользящего окна – в пределах отрезка речевого сигнала x ограниченной (20 сек.) длительности (см. нижнюю временную диаграмму в ее главном окне). На экран компьютера этот показатель выводится в своем относительном (процентном) выражении

$$\delta_r = 100 / (1 + \rho_r^*), \% \quad (4)$$

График в верхней части окна отображает динамику ФКР от одного отрезка речевого сигнала к другому в процессе чтения диктором контрольного текста. Для анализа ФКР в программе используются шесть гласных звуков русской речи (случай $R=6$), а именно: "А", "О", "У", "И", "Ы" и "Э" – как наиболее информативные среди всех других МРЕ в акустико-артикуляционном смысле [Родькина, Никольская, 2016; Савченко, Васильев, 2014].

Индикатор в правой части окна (рис. 1) предназначен для автоматической фиксации успеха в процессе непрерывного чтения диктором контрольного текста (см. соответствующее сообщение в средней части рисунка). В программе данное событие определяется на интервале в три последних отрезка речевого сигнала, суммарной длительностью 1 мин. – по допустимой (в рассматриваемом случае на уровне 10%)

амплитуде колебаний показателя ФКР в динамике. Отметим, что 1 мин. – это минимально возможное время работы пользователя с программой, если психокоррекция ему не требуется. Во всех других случаях процедура была ограничена по времени интервалом в 100 сек. (5 последовательных отрезков речевого сигнала). При этом минимум ФКР фиксировался, как правило, в самом начале периода чтения текста диктором, когда последний был недостаточно хорошо настроен. Что же касается максимума ФКР, то его положение во времени сильно варьировалось у разных студентов в зависимости от их психоэмоционального состояния. Отметим, что зафиксированные на рис. 1 абсолютные значения показателя характеризуют индивидуальные особенности конкретной личности.

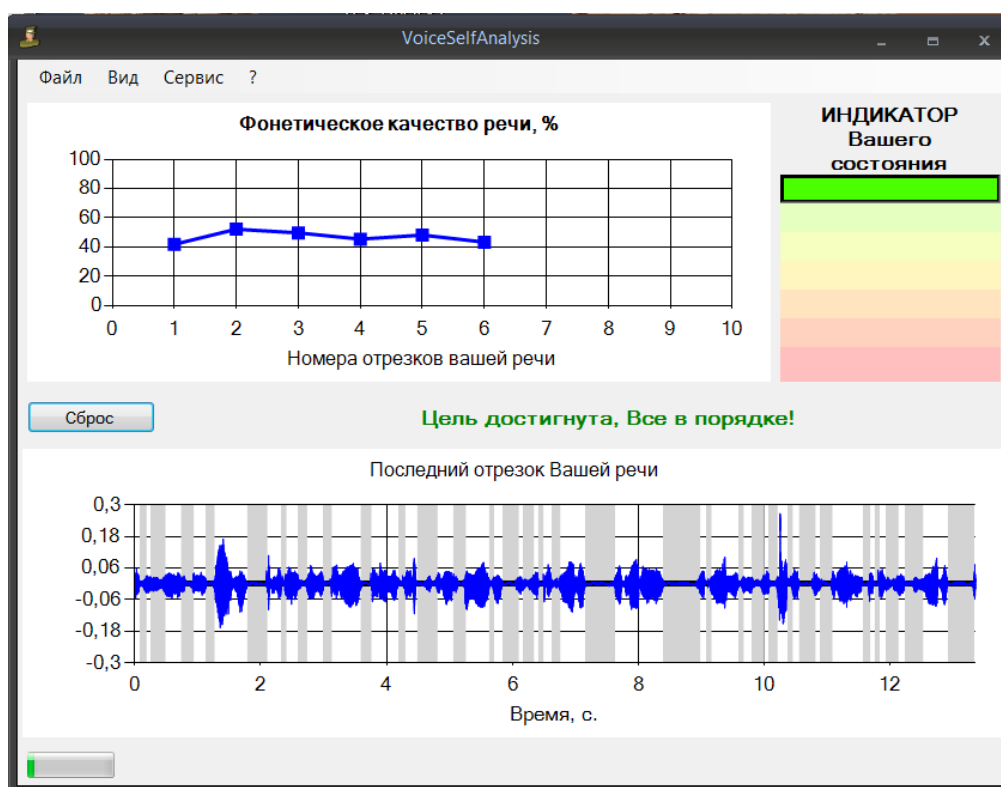


Рис. 1. Главное окно программы
Fig. 1. Main window of the program

При проведении эксперимента длительность всех отрезков (рис. 1) была установлена равной 20 сек. При частоте дискретизации сигнала 8 кГц это дало 160 тысяч отсчетов на один отрезок, или не менее $L=80$ тысяч отсчетов (50 %) в расчете на гласные звуки. В пересчете к каждой из гласных на интервале квазистационарности речевого сигнала (10-15) мс в среднем получаем порядка 100 ее аллофонов ($J \geq 100$) на каждый отрезок. В таком случае точность оценки информационного показателя (4) может быть охарактеризована [Савченко, 2015] погрешностью измерений порядка 10 % на уровне значимости 0,1 и ниже, что очень неплохо при заданной длительности одного отрезка речевого сигнала. По существу, это означает успешное преодоление острейшей в задачах автоматической обработки речи [Savchenko, 2015] проблемы малых выборок. Эффективность рассмотренной технологии исследуется далее экспериментальным путем.

4. Программа и методика экспериментального исследования

Для экспериментальных исследований была сформирована контрольная группа дикторов из 52 студентов с первого по четвертый курсы бакалавриата Нижегородского государственного лингвистического университета (НГЛУ). Каждым из них трижды подряд (в три сеанса или три попытки с минимальными интервалами между ними) был прочитан один и тот же художественный текст – из первой главы романа А.С. Пушкина "Евгений Онегин" –

в объеме, достаточном для достижения успеха, но не превышающем 1000-1200 печатных знаков. В итоге объем экспериментальной выборки в сумме составил 156 наблюдений. Известно [Савченко, 2015а, б], что для большинства задач статистической обработки информации этого вполне достаточно для получения точных и надежных оценок с доверительной вероятностью 0,9 и выше.

Результаты экспериментального исследования фиксировались наблюдателями в виде времени, затраченного каждым студентом на достижение успеха при работе с программой, его финального в каждом сеансе значения показателя ФКР, а также пульса студента – до и после эксперимента – в качестве характеристики степени напряженности его психологического состояния.

Все вычисления в дальнейшем проводились на современном ноутбуке Asus N61D, 4 Гбайт ОЗУ, Windows 10. Кроме того, использовался комплекс специальных аппаратных и программных средств, в том числе внешний микрофон Sony и пульсометр марки Xiaomi Mi Band 2. Частота дискретизации встроенного АЦП была установлена равной 8 кГц – это ее стандартное значение при обработке речевого сигнала в расчете на стандартный телефонный канал связи. Полученные результаты отражены и обсуждаются в следующем разделе.

5. Основные результаты

На рис. 2 показаны три гистограммы распределения студентов по категориям – в зависимости от длительности их сеансов работы с программой. Здесь номера категорий расставлены пропорционально времени достижения студентом успеха в его относительном выражении: 1-я категория – минимум времени (3 последовательных отрезка речевого сигнала, или 1 мин.), 2-я категория – 4 отрезка, или 1 мин. 20 сек. и, наконец, 3-я категория – 1 мин. 40 сек. – максимальная длительность одного сеанса. Отметим, что гистограммы для разных сеансов довольно сильно разнятся между собой.

Из рисунка видно, что по мере увеличения числа попыток (сеансов) работы с программой доля студентов первой категории неуклонно уменьшается. А доли второй и, особенно, третьей категории, напротив, увеличиваются. Это явный признак накопления студентами усталости и снижения концентрации их внимания в процессе непрерывного чтения. Из этого факта можно заключить, что степень утомляемости студентов, точнее, скорость, с которой она повышается, существенным образом зависит от их текущих психоэмоциональных состояний: в напряженном состоянии утомляемость студентов нарастает быстрее.

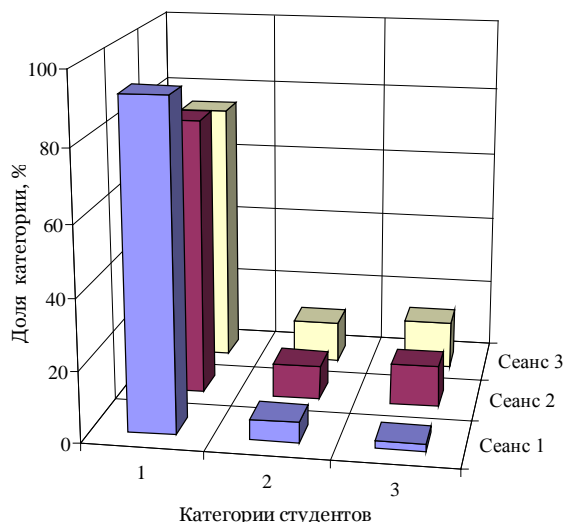


Рис. 2. Гистограммы распределения студентов по времени достижения успеха в трех разных сеансах
 Fig. 2. Histograms of student distribution according to time of success in three different sessions

Данный эффект имеет прямое отношение к идее речевого профайлинга [Савченко, 2017]. Поэтому он и был выбран в качестве предмета экспериментального исследования на втором этапе. И полученные результаты в полной мере подтвердили выдвинутую выше гипотезу. Это следует, в частности, из представленных на рис. 3 а) и б) двух скриншотов экрана ноутбука: с временными диаграммами ФКР двух типичных студентов с относительно высокой и с низкой степенью волнений соответственно. Из их сопоставления хорошо видно, что признак отрицательного тренда в динамике ФКР явно коррелирует с высокой степенью волнений студента в процессе его тестирования. Тестируя речевой сигнал по знаку тренда ФКР в динамике, исследователь может с определенной уверенностью судить о текущем психоэмоциональном состоянии диктора.

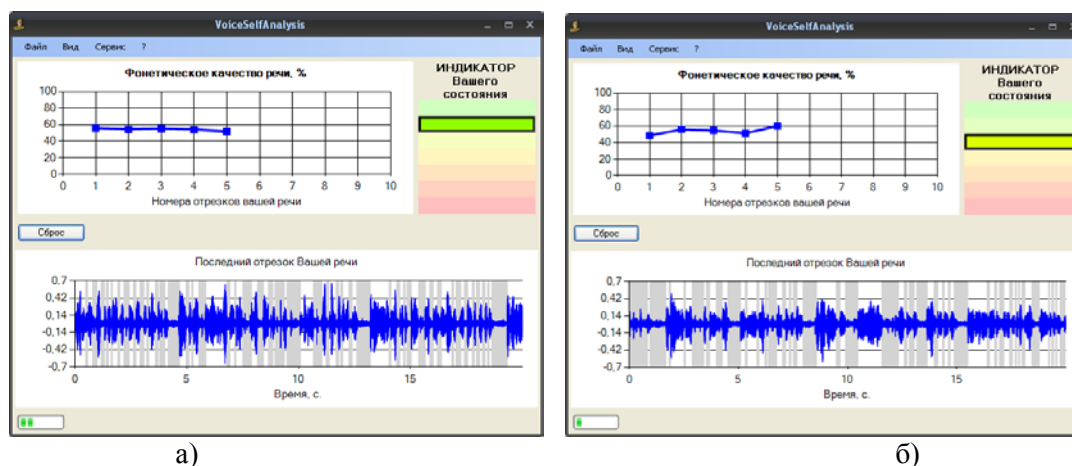


Рис. 3. Динамика ФКР для двух студентов: с пульсом 86 (а) и 65 (б) ударов в минуту
Fig. 3. Dynamics of FKR for two students: with a pulse of 86 (a) and 65 (b) beats per minute

Таким образом, признаком возбужденного психологического состояния тестируемого лица может служить отрицательный тренд его ФКР в динамике. Согласимся, это ценный довод в обоснование речевого профайлинга.

Отметим при этом устойчивость данного признака в ее строгом, статистическом смысле [Савченко, 2015]. Она была далее подтверждена экспериментально – с использованием двух связанных бинарных выборок объема 156 каждая (по числу проведенных тестирований). Они были сформированы из исходного статистического ряда данных согласно двум признакам: 1) пульс студента $A=0 \setminus 1$ (меньше или больше 72 ударов в минуту) и 2) динамика его ФКР $B=0 \setminus 1$ (неотрицательная или отрицательная). Здесь символом (\setminus) обозначена функция выбора "ИЛИ".

Полученные выборки отражены в таблице сопряженности рассматриваемых признаков ниже. По ней был вычислен в дальнейшем коэффициент фи-сопряженности Пирсона $\varphi_{AB} = (26 \times 19 - 2 \times 3) / \sqrt{29 \times 21 \times 28 \times 22} \approx 0,76$ в роли выборочного коэффициента корреляции [Muller et al, 1976] двух бинарных последовательностей. Полученный результат 0,76 – это свидетельство высокой степени взаимной коррелированности двух признаков и одновременно строгое теоретическое обоснование валидности речевого профайлинга. А его надежность может быть охарактеризована вероятностью совпадения признаков у разных студентов $P_{AB} = P(A=0 | B=0) + P(A=1 | B=1) = (99 + 38) / 152 \approx 0,90$ в пределах представительной контрольной группы дикторов. Как видим, указанное совпадение – это практически достоверное [Савченко, 2015а, б] событие.

Таблица
Table

Таблица сопряженности признаков
Contingency table of characteristics

Признак B	Признак A		Итог
	0	1	
0	99	7	106
1	8	38	46
Итог	107	45	152

Еще один важный вывод по данным рис. 3 имеет непосредственное отношение к практике речевого профайлинга: для автоматической регистрации отрицательного тренда в динамике ФКР (рис. 3) требуется время порядка 1 мин. Это не выглядит обременительным не только в задачах личного профилирования, но и в приложении к системам антитеррора с большими группами тестируемых лиц [Пелюх. 2013].

Заключение

Специалистам хорошо известно [Ушакова, 2012] о существовании жесткой взаимозависимости между акустическим (фонетическим) качеством устной речи диктора и его текущим психоэмоциональным состоянием. В нормальном состоянии человек говорит внятно, разборчиво и в узнаваемом для окружающих ключе. Фонетическое качество его речи в таком случае находится на достаточно высоком уровне. Однако в результате волнений, стрессов или снижения концентрации внимания его состояние ухудшается, а речь мгновенно утрачивает свои акустические свойства. Поэтому, измеряя в текущем времени фонетическое качество речи некоторой личности, мы опосредованно получаем часто скрытую информацию в отношении ее текущего психоэмоционального состояния с целью, например, выявления подозрительных людей в задачах борьбы с терроризмом. В указанном эффекте и реализуется идея речевого профайлинга [Савченко, 2017]. Ее актуальность для самых разных сфер человеческой деятельности, включая область обеспечения общественной безопасности, представляется очевидной. Оператор в данном случае даже не предусмотрен, диктор читает контрольный текст в режиме монолога. Вся процедура полностью автоматизирована и осуществляется бесконтактным способом, ее результаты носят принципиально закрытый характер. Сказанное в корне отличает речевой профайлинг от его известного прототипа: голосового профайлинга, в частности, по технологии GK-1 [Разъяснения пресс-службы, 2017]. Последняя осуществляется в диалоге "вопрос – ответ" между человеком-оператором и тестируемым лицом. Как следствие, процедура растягивается до десяти минут и более, а ее правовое обеспечение, как известно [Сказывалова, Вакэ, 2016], до сих пор отсутствует.

Таким образом, основное преимущество речевого профайлинга по сравнению с его аналогами состоит в высокой степени оперативности процедуры принятия решений (порядка 1 мин.) при соблюдении приватности для подавляющего большинства лиц, которые не вызвали подозрений по результатам проведенного тестирования. Поэтому разработанную технологию можно рекомендовать для самого широкого применения в области обеспечения не только общественной, но и личной безопасности граждан. К числу перспективных направлений можно отнести и область детской педагогики и психологии, где ранняя наркомания, нервные срывы и стрессы в последние годы стали источником множества проблем психологического характера среди учащихся.

Представленная работа выполнена согласно открытому плану лаборатории междисциплинарных исследований при НГЛУ. Авторы выражают благодарность своим коллегам доцентам О.Я. Родькиной и В.А. Никольской за помощь в подготовке и сборе экспериментального материала.

Список литературы References

1. Информационная система тестирования эмоционального состояния личности по голосу: Программа для ЭВМ. А.В. Савченко, В.В. Савченко, Д.Ю. Акат'ев, И.В. Губочкин. Роспатент: по заявке № 2013611003 от 09.01.2013.

Informatsionnaya sistema testirovaniya emotsional'nogo sostoyaniya lichnosti po golosu: Programma dlya EVM. A.V. Savchenko, V.V. Savchenko, D.Yu. Akat'ev, I.V. Gubochkin. Rospatent: po zayavke № 2013611003 ot 09.01.2013. (in Russian)

2. Кузьмина А.Н. 2016. Профайлинг в деятельности органов внутренних дел. Прикладная психология и педагогика. 3(1): 4.

Kuz'mina A.N. 2016. Profayling v deyatelnosti organov vnutrennikh del. Prikladnaya psikhologiya i pedagogika. 3(1): 4. (in Russian)

3. Лебедева Н.Н., Каримова Е.Д., 2014. Акустические характеристики речевого сигнала как показатель функционального состояния человека. Успехи физиологических наук. 1(45): 57-95.

Lebedeva N.N., Karimova E.D., 2014. Akusticheskie kharakteristiki rechevogo signala kak pokazatel' funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka. Uspekhi fiziologicheskikh nauk. 1(45): 57-95. (in Russian)

4. Марцева Т.Г. 2014. Коммерческий профайлинг как технология управления. Общество и право. 2(48): 292-294.

Martseva T.G. 2014. Kommercheskiy profayling kak tekhnologiya upravleniya. Obshchestvo i pravo. 2(48): 292-294. (in Russian)

5. Пелюх Е.И., 2013. Профайлинг как современное направление обеспечения транспортной безопасности. Вестник Белгородского юридического института МВД России. 2: 81-84

Pelyukh E.I., 2013. Profayling kak sovremennoe napravlenie obespecheniya transportnoy bezopasnosti. Vestnik Belgorodskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii. 2: 81-84. (in Russian)

6. Потапова А.П., 2015. Профайлинг в обеспечении безопасности личности. в сб. "Риск и безопасность: социально психологические аспекты". Екатеринбург: изд-во Гуманитарного университета, 116-119.

Potapova A.P., 2015. Profayling v obespechenii bezopasnosti lichnosti. v sb. "Risk i bezopasnost': sotsial'no psikhologicheskie aspekty". Ekaterinburg: izd-vo Gumanitarnogo universiteta, 116-119. (in Russian)

7. Разъяснения пресс-службы группы Ист Лайн по поводу использования технологии голосового профайлинга GK-1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://transport.ru/1/1/i77_18884p0.htm. (дата обращения 12.04.2017 г.).

Raz'yasneniya press-sluzhby gruppy Ist Layn po povodu ispol'zovaniya tekhnologii golosovogo profaylinga GK-1. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: http://transport.ru/1/1/i77_18884p0.htm. (data obrashcheniya 12.04.2017 g.). (in Russian)

8. Родькина О.Я., Никольская В.А., 2016. К проблеме распознавания психоэмоционального состояния человека по речи с использованием автоматизированных систем. Информационные технологии. 10(22): 728–733.

Rod'kina O.Ya., Nikol'skaya V.A., 2016. K probleme raspoznavaniya psikhoemotsional'nogo sostoyaniya cheloveka po rechi s ispol'zovaniem avtomatizirovannykh sistem. Informatsionnye tekhnologii. 10(22): 728–733. (in Russian)

9. Савченко В.В., 2017. Речевой профайлинг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sites.google.com/site/frompldcreators/technologies> (дата обращения 12.04.2017 г.).

Savchenko V.V., 2017. Rechevoy profayling. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://sites.google.com/site/frompldcreators/technologies> (data obrashcheniya 12.04.2017 g.). (in Russian)

10. Савченко В.В., Васильев Р.А., 2014. Анализ эмоционального состояния диктора по голосу на основе фонетического детектора лжи. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 21(192): 186-195.

Savchenko V.V., Vasil'ev R.A., 2014. The analysis of the emotional condition of the announcer on the voice on the basis of the phonetic lie detector. Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 21(192): 186-195. (in Russian)

11. Савченко В.В., Васильев Р.А., 2014. Результаты экспериментального исследования фонетического детектора лжи: В сб. «Материалы 4-й Всероссийской НТК «Информационно-измерительные и управляющие системы военной техники». г. Владимир, 13-14 ноября 2014 г. М., Изд-во РАРАН: 139-141.

Savchenko V.V., Vasil'ev R.A., 2014. Rezul'taty eksperimental'nogo issledovaniya foneticheskogo detektora lzhi: V sb. «Materialy 4-y Vserossiyskoy NTK «Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy voennoy tekhniki». g. Vladimir, 13-14 noyabrya 2014 g. M., Izd-vo RARAN: 139-141. (in Russian)

12. Савченко В.В., 2015. Определение объема контрольной выборки в условиях априорной неопределенности по принципу гарантированного результата. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 1(198): 74-78.

Savchenko V.V., 2015. The determination of sample size in conditions of a priori uncertainty on the principle of guaranteed result. Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika.

[Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 1(198): 74-78. (in Russian)

13. Савченко В.В., 2015. Новая концепция программного обеспечения статистической обработки информации на основе прогностической функции теории вероятностей Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 7(204): 84-88.

Savchenko V.V., 2015. The new concept of the software of statistical information processing on the basis of predictive function of probability theory. Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]. 7(204): 84-88. (in Russian)

14. Сказывалова Н.Р., Васкэ Е.В., 2016. Проблема достоверности результатов, полученных в ходе исследования личности на детекторах лжи. В сб.: "Современные проблемы права". Нижний Новгород, изд-во НИУ им. Н.И. Лобачевского. 218-222.

Skazyvalova N.R., Vaske E.V. 2016. Problema dostovernosti rezul'tatov, poluchennykh v khode issledovaniya lichnosti na detektorakh lzhi. V sb.: "Sovremennye problemy prava". Nizhniy Novgorod, izd-vo NIU im. N.I. Lobachevskogo. 218-222. (in Russian)

15. Ушакова Т.Н., 2012. Взаимодействие психологического и физиологического в речи человека. Психологический журнал. 3(33): 5-16.

Ushakova T.N., 2012. Vzaimodeystvie psikhologicheskogo i fiziologicheskogo v rechi cheloveka. Psikhologicheskii zhurnal. 3(33): 5-16. (in Russian)

16. Kullback S., 1997. Information theory and statistics: Dover Publications. New York, 399.

17. Muller P.H., Neumann P., Storm R., 1973. Tafeln der mathematischen Statistik. Leipzig, VEB Fachbuchverlag, 279.

18. Savchenko V.V., Savchenko A.V., 2016. Information Theoretic Analysis of Efficiency of the Phonetic Encoding–Decoding Method in Automatic Speech Recognition. Journal of Communications Technology and Electronics. 4(61): 430-435.

19. Savchenko V.V., 2015. The Principle of the Information-Divergence Minimum in the Problem of Spectral Analysis of the Random Time Series Under the Condition of Small Observation Samples. Radiophysics and Quantum Electronics. 5(58): 373-379.

20. Savchenko V.V., 2016. Enhancement of the Noise Immunity of a Voice-Activated Robotics Control System Based on Phonetic Word Decoding Method. Journal of Communications Technology and Electronics. 12(61): 1374-1379.

УДК 621.397

**РАСПОЗНАВАНИЕ КЛЮЧЕВОГО СЛОВА НА ОСНОВЕ СУБПОЛОСНОГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА ДИНАМИЧЕСКОГО
ИСКАЖЕНИЯ****KEYWORD RECOGNITION BASED ON SUBBAND TRANSFORMATION
WITH APPLICATION DYNAMIC TIME WARPING ALGORITHM****С.В. Уманец
S.V. Umanets**Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: umalub@bk.ru

Аннотация

Рассмотрен алгоритм обработки цифрового речевого сигнала, основанный на поиске заранее заданной последовательности признаков. Пространство признаков формируется путём применения субполосного кодирования. Предложены модификации алгоритма динамического искажения.

Abstract

An algorithm for processing a digital speech signal based on a search for a predetermined sequence of features is considered. The feature space is formed by applying subband coding. Modifications of the dynamic distortion algorithm are proposed.

Ключевые слова: распознавание речи, субполосные матрицы, сравнение последовательностей, алгоритм динамического искажения.

Keywords: speech recognition, subband matrixes, comparing sequences, dynamic time warping.

Взаимодействие человека и бытовой техники намного расширится, если управлять машиной обычным голосом в реальном времени. Такую цель можно достичь, решая следующую задачу: необходимо распознать определённое ключевое слово в естественном потоке речи одиночного диктора. При наличии ключевого слова сформировать условно-оповестительный сигнал, который в дальнейшем применении может стать причиной выработки какого-нибудь действия. Ключевое слово может быть записано заранее в словарь. Неплохих успехов в решении подобных задач добилась корпорация Google, предлагающая речевой ввод при осуществлении поиска в сети Интернет, но подробности технологии неизвестны, поэтому есть необходимость продолжить разработку технологии распознавания речи. По классификации теории распознавания [Галунов В.И., 2007] сформулированная задача относится к типу дикторозависимого распознавания с ограниченным словарём.

Для распознавания речи акустический (речевой) сигнал при помощи воспринимающих (микрофона) и оцифровывающих (дискретизирующих) устройств и машинной обработки фиксируется и преобразуется в цифровую форму. В результате дискретизации непрерывный (аналоговый) сигнал переводится в последовательность чисел. Для работы была принята частота дискретизации $F_d=8000$ Гц и глубина кодирования по уровню 16 бит двоичного кода. Это соответствует формату WAV, наиболее распространённому формату без сжатия, применяемого в телекоммуникационных системах.

Первый этап распознавания речи – выделение различных признаков [Галунов В.И., 2007; Мясников Л.Л., 1970; Хайкин С., 2006]. Затем с помощью некоторой стратегии



обучения формируются шаблоны, с которыми в дальнейшем будут сравниваться неизвестные участки речевого сигнала. Традиционные модели строения слухового аппарата человека [Алдошина И., 2010; Бекеши Г., 1963; Белановский А.С., 1989; Вологдин Э.И. 2004] предполагают наличие способности анализировать энергию звука в зависимости от частотного интервала.

Математически такую гипотезу удобно описывать аппаратом субполосных матриц [Жиляков Е.Г., 2007]. Определение энергии в заданном частотном интервале осуществляется следующим методом. Частотная ось, нормированная по отношению к частоте дискретизации, разбивается на R равновеликих интервала:

$$v_0 = 0, \quad v_R = \pi, \quad v_r = \frac{r\pi}{R}, \quad r = 1 \dots (R-1), \tag{1}$$

где v_r – верхняя граница r -го частотного интервала;

R – количество равновеликих интервалов, на которые разбивается ось частот.

Энергия в каждом частотном интервале оценивается на основе выражения:

$$P_r = \vec{x}^T \cdot A_r \cdot \vec{x}, \tag{2}$$

где \vec{x} – анализируемый отрезок сигнала, длительностью N отсчетов;

T – знак транспонирования;

A_r – субполосная матрица с элементами вида:

$$A_r(i, k) = \begin{cases} \frac{\sin(v_r(i-k)) - \sin(v_{r-1}(i-k))}{\pi(i-k)}, & \text{при } i \neq k \\ \frac{(v_r - v_{r-1})}{\pi}, & \text{при } i = k \end{cases}, \tag{3}$$

где v_r – верхняя граница r -го частотного интервала;

$$i = 1 \dots N;$$

$$k = 1 \dots N.$$

Субполосные матрицы имеют всего несколько собственных чисел отличных от нуля [Жиляков Е.Г., 2007]. Такое обстоятельство ускоряет вычисление квадратичной формы (2) путем использования формулы:

$$P_r = \sum_{k=1}^J \lambda_k^r (\vec{x} \vec{Q}_k^r)^2, \tag{4}$$

где λ_k^r - собственные числа матрицы A_r , их количество J , расположенные по возрастанию собственные числа с индексом больше J незначительны $\lambda_{J+k}^r \approx 0$, для практических вычислений $J = 8$;

$(\vec{x} \vec{Q}_k^r)$ – скалярное произведение вектора анализируемого сигнала на собственный вектор \vec{Q}_k^r матрицы A_r , соответствующий собственному числу λ_k^r .

Также надо заметить, что формула (4) соответствует нейронной сети с двумя слоями [Хайкин С., 2006]. На рисунке 1 оценка энергии в r -ом частотном интервале получается на выходе второго слоя, весовые коэффициенты $\lambda_k^r, k = 1 \dots K$ которого представляют собой собственные числа от первого до K -го субполосной матрицы A_r . Между первым слоем и вторым действует функция активации, которая соответствует действию возведения в квадрат. Первый слой состоит из нейронов, у которых весовые коэффициенты $q_{ki}^r, k = 1 \dots K, i = 1 \dots N$ – это элементы собственных векторов \vec{Q}_k^r матрицы A_r .

Полученные таким образом оценки энергии в частотных интервалах представляют собой полную систему признаков в смысле аддитивности

$$\|\vec{x}\|^2 = \sum_{r=1}^R \vec{x}^T \cdot A_r \cdot \vec{x}. \tag{5}$$

Надо выбрать число отсчётов N для анализа исходного сигнала. Длина окна анализа не должна быть слишком большой, иначе будут проявляться эффекты наложения фонем друг на друга. Большая длина окна анализа также увеличивает объём основных операций (сложений и умножений), необходимых для дальнейших преобразований исходного сигнала. Маленькая длина окна анализа ухудшает частотное разрешение исследуемого сигнала. Из этих условий длину окна анализа N надо выбирать из диапазона от 60 до 160 отсчётов.

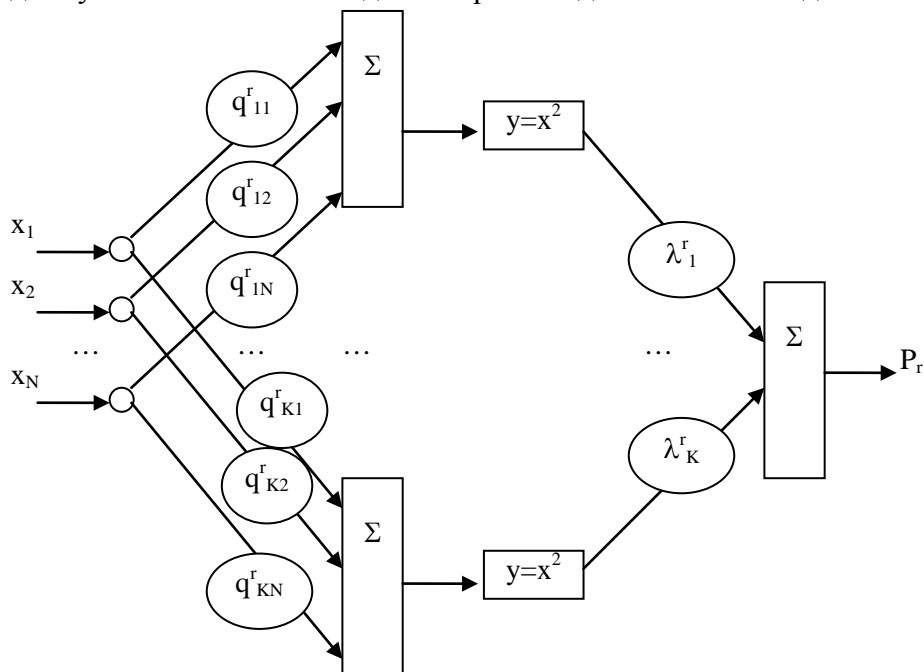


Рис. 1. Нейронная сеть для оценки энергии в частотном интервале

Fig. 1. Neural network for estimating energy in the frequency range

Для проведения эксперимента взяты субполосные матрицы со значениями $N = 60$ и $R = 15$. Количество отличных от нуля собственных чисел взято $J = 8$. Из звукового файла, содержащего речевой сигнал, поступали отсчёты x_n , формирующие входной сигнал \vec{x}

$$\vec{x}_n = [x_{n-N+1} \quad x_{n-N+2} \quad \dots \quad x_{n-1} \quad x_n]^T, n > N, \quad (6)$$

где n – это номер отсчёта, дискретное время.

Представляется рациональным проводить исследование сигнала, сдвигая окно анализа на один отсчёт. Тогда значение оценок энергий можно записывать с таким же обозначением момента времени, как и у входного сигнала

$$P_r(n) = \sum_{k=1}^J \lambda_k^r (\vec{x}_n \vec{Q}_k^r)^2, \quad r = 1 \dots R. \quad (7)$$

Оценки энергий целесообразно усреднить на некотором отрезке времени $[n - Ts, n], n > Ts$.

$$\hat{P}_r(n) = \frac{1}{Ts} \sum_{k=n-Ts}^n P_r(k), \quad r = 1 \dots R. \quad (8)$$

Величина интервала Ts должна быть соизмеримой с длиной участка речевого сигнала, на котором он стационарен. Исходя из практических наблюдений, количество фонем в одну секунду времени не превышает 25. При частоте дискретизации 8000Гц на одну фонему приходится в среднем 320 отсчётов. С учётом среднеквадратичных отклонений от среднего одной фонемы, Ts рационально выбрать из диапазона от 100 до 200 отсчётов, т. к. точность усреднения падает с уменьшением числа членов. Усреднение по способу «скользящее среднее» представляет собой [Солонина А.И., 2006] СИС-фильтр, очень экономный по вычислительной сложности

$$\hat{P}_r(n) = \frac{1}{Ts} (P_r(n) + \hat{P}_r(n-1) - P_r(n-Ts)), \quad r = 1 \dots R. \quad (9)$$

В эксперименте было взято $T_s = 200$.

После усреднения становится возможным анализировать оценки энергии не для всех отсчётов, а только через каждые $T_s/2$ отсчётов.

$$\bar{E}_r(nl) = E_r(n), \quad n = \frac{T_s}{2}nl, \quad r = 1 \dots R, \quad nl = 1, 2, 3, \dots \quad (10)$$

Для проведения простейшего этапа обучения в программе Simulink была составлена компьютерная модель. На вход модели был подан звуковой файл, в котором содержалось несколько раз произнесённое слово «пять». Результат обработки по формулам (6) – (10) представлен на рисунке 2.

Оценка энергии \bar{E}

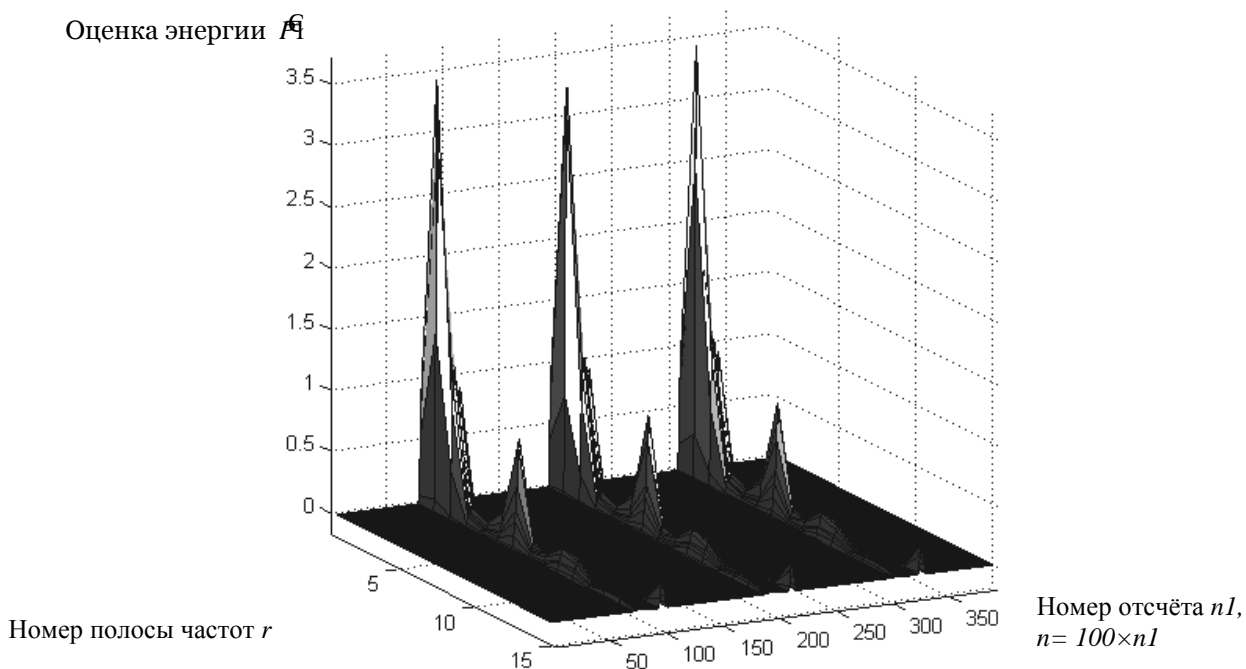


Рис. 2. Оценка энергий для слова «пять» после проведения эксперимента
 Fig. 2. Estimation of energies for the word "five" after the experiment

Вручную выделено слово целиком, рисунок 3, и сохранено для последующего использования в качестве шаблона. Шаблон представляет собой матрицу P_t с количеством строк равному количеству анализируемых частотных интервалов. Количество столбцов соответствует количеству отобранных отсчётов N_{P_t} .

Шаблон P_t

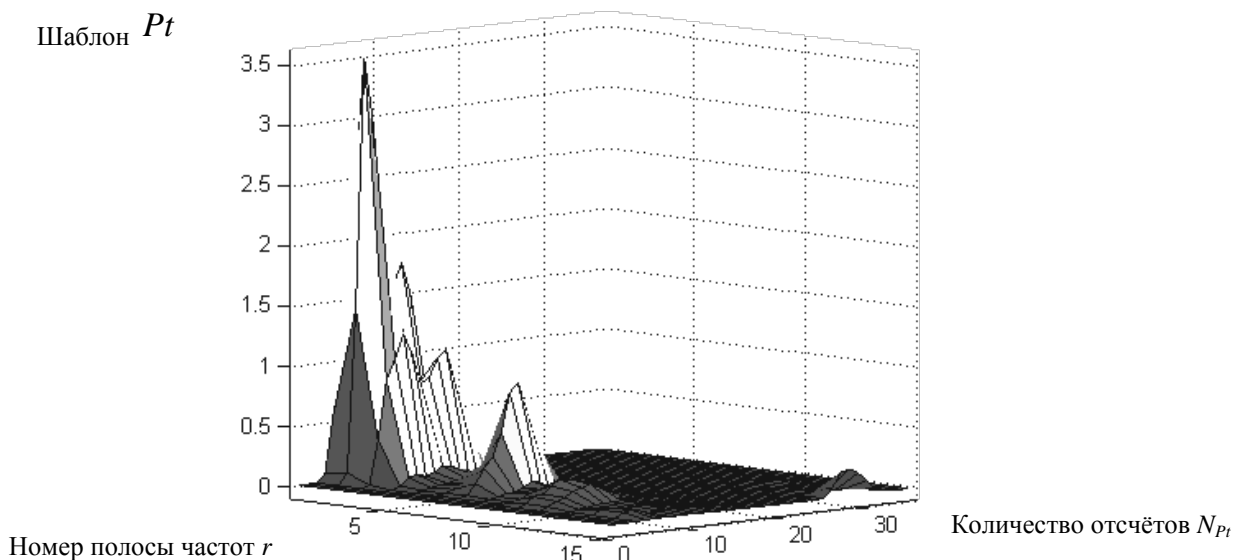


Рис. 3. Шаблон для слова «пять»
 Fig. 3. Template for the word "five"

Для решения поставленной задачи распознавания далее надо сравнивать отрезок речевого сигнала $\mathcal{A}(nl), nl \in [nlb, nle]$, где nlb – начало отрезка, nle – конец отрезка, с записанным в словарь шаблоном Pt . Основная сложность сравнения – изменчивость слова, как по длительности, так и по звучанию. Таким образом, надо сравнить две матрицы между собой, количество строк в матрицах одинаковое и соответствует количеству рассматриваемых частотных интервалов R , а количество столбцов – разное. У матрицы шаблона количество столбцов фиксированное N_{pt} , у матрицы распознаваемого речевого сигнала количество столбцов $N1 = nle - nlb$ берётся по длительности звучания предполагаемого слова. При таком подходе эти матрицы представляют собой последовательности с разным количеством элементов, которыми являются столбцы.

Для измерения схожести двух последовательностей, которые имеют разное количество элементов, часто применяется алгоритм динамического искажения (dynamic time warping). Сравнение производится по правилу «наилучшего соответствия» [Pavel S., 2008; Sakoe H., 1978]. По этому алгоритму сначала надо составить матрицу D с расстояниями между элементами последовательностей. Предлагается использовать относительные меры различия [Семкин Б.И., 2008; Скворцов В.А., 2002] при определении расстояния:

$$D(i, k) = \frac{\sum_{r=1}^R |\mathcal{A}(r, i) - Pt(r, k)|}{\sum_{r=1}^R \mathcal{A}(r, i) + Pt(r, k)}, \quad i = 1 \dots N1, \quad k = 1 \dots N_{pt}. \quad (11)$$

В знаменателе (11) нет знака взятия модуля, потому что оценки энергии всегда положительные.

Затем составляется матрица C с накопительной дистанцией между одиночными элементами двух последовательностей:

$$C(i, k) = D(i, k) + \min(C(i, k-1), C(i-1, k), C(i-1, k-1)), \quad (12)$$

где минимум берётся среди трёх соседних элементов;

$$C(1, 1) = 0, \quad C(1, k) = \infty, \quad C(i, 1) = \infty;$$

$$k = 2 \dots N_{pt};$$

$$i = 2 \dots N1.$$

В решаемой задаче отсчётом является столбец со значениями оценок энергии.

Затем в матрице C восстанавливается путь из точки $(N1, N_{pt})$ в точку $(1, 1)$ по правилу движения в сторону с наименьшим значением:

$$(i_s, k_s) = \arg \min(C(i, k-1), C(i-1, k), C(i-1, k-1)), \quad (13)$$

где s – это номер шага по пути от $(N1, N_{pt})$ до $(1, 1)$. Итоговое количество шагов S не постоянно, шаги совершаются пока оба индекса i и k не изменятся от своих максимальных значений $N1$ и N_{pt} до 1.

Затем вычисляется общее различие SH между двумя последовательностями. В классическом варианте алгоритма:

$$SH = \sum_{s=1}^S D(i_s, k_s), \quad (14)$$

в данной работе предлагается

$$SH = \max_s (D(i_s, k_s)), s = 1 \dots S. \quad (15)$$

При сравнении неизвестной последовательности с шаблоном решение о соответствии шаблону принимается после сравнения SH с заданным порогом.

Для эксперимента один диктор надиктовал пять звуковых файлов с одинаковым содержанием: произнесены по порядку числительные: «1», «2», «3», «4», «5», «6», «7», «8», «9» и «0». Речевой сигнал из звуковых файлов сравнивался с заранее сохранённым шаблоном для слова «пять». Оценки энергий $\mathcal{A}(nl)$ на шаге nl формировались в матрицу с количеством столбцов $N1 = 50$, т. к. у шаблона количество столбцов оказалось $N_{pt} = 36$.

Матрица неизвестного сигнала берётся на большее количество отсчётов, чем у шаблона (50>36), в расчёте на возможно медленное произнесение искомого слова.

Результат моделирования на рисунке 4 для речевого сигнала из файла №2 и на рисунке 5 – из файла №4.

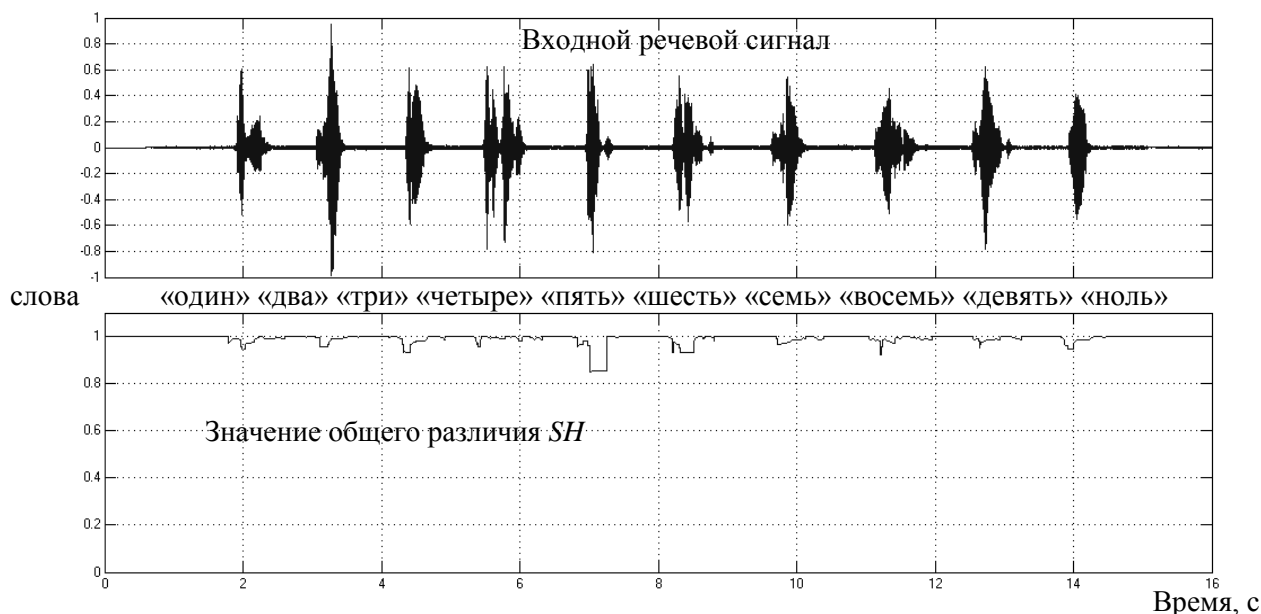


Рис. 4. Графики входного сигнала и величины отлчия от шаблона после использования относительной меры. Входной сигнал из файла №2

Fig. 4. Plots of the input signal and the value of the difference from the template after using relative measure. Input signal from file №2

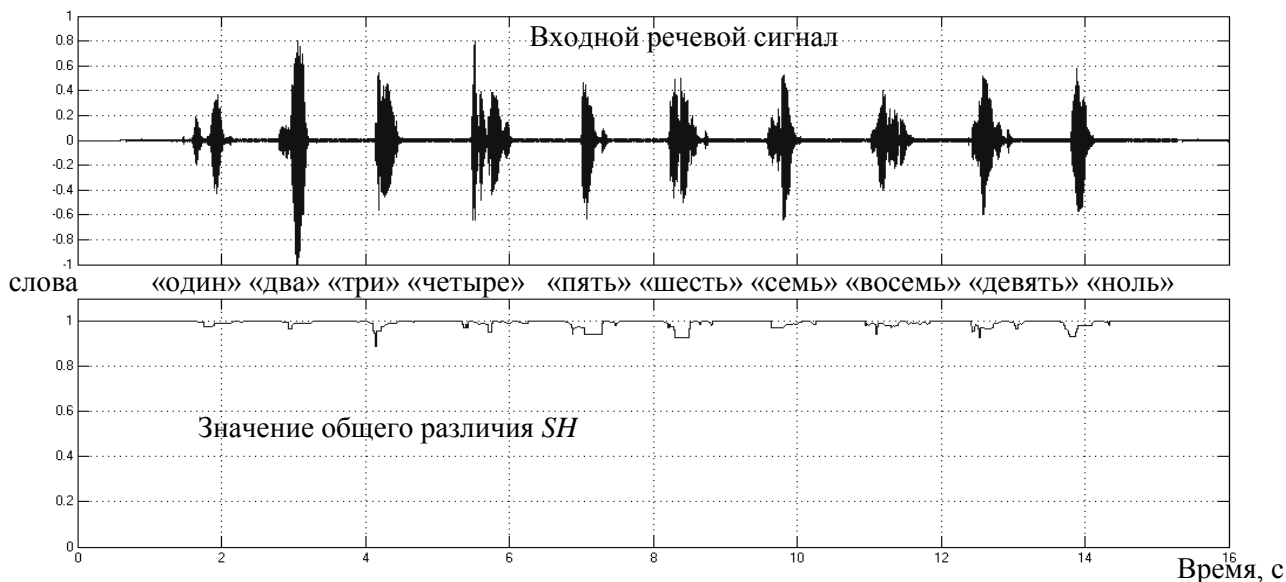


Рис. 5. Графики входного сигнала и величины отлчия от шаблона после использования относительной меры. Входной сигнал из файла №4

Fig. 5. Plots of the input signal and the value of the difference from the template after using relative measure. Input signal from file №4

На рисунке 4 графики показывают чёткую реакцию, а на рисунке 5 более убедительной кажется реакция на слово «шесть», хотя для слова «пять» отличие от шаблона меньше, чем для других слов.

Для повышения чёткости при анализе различия между шаблоном и входным сигналом можно воспользоваться нелинейным преобразованием величины оценок энергии. Согласно

эмпирическому психофизиологическому закону Вебера-Фехнера [Вебера Э., 1834; Фехнера Г., 1860] сила ощущения пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя. Другой учёный, Стивенсон [Стивенсон С. С., 1957], предложил использовать степенную функцию для описания зависимости силы ощущений от величины раздражения. Показатель степенной функции для разных ощущений используется разный от 3,5 до 0,67 в экспериментах Стивенсона.

Для решения поставленной задачи распознавания можно применить нелинейность извлечение квадратного корня из величины оценок энергий, что будет похоже на степенной закон Стивенсона, но не внесёт заметных вычислительных сложностей.

Новые оценки с учётом нелинейностей:

$$\begin{aligned} W(nl) &= \sqrt{P(nl)} \\ W_{pt} &= \sqrt{Pt} \end{aligned} \quad (16)$$

Результат моделирования при наличии нелинейности на рисунке 6 и 7.

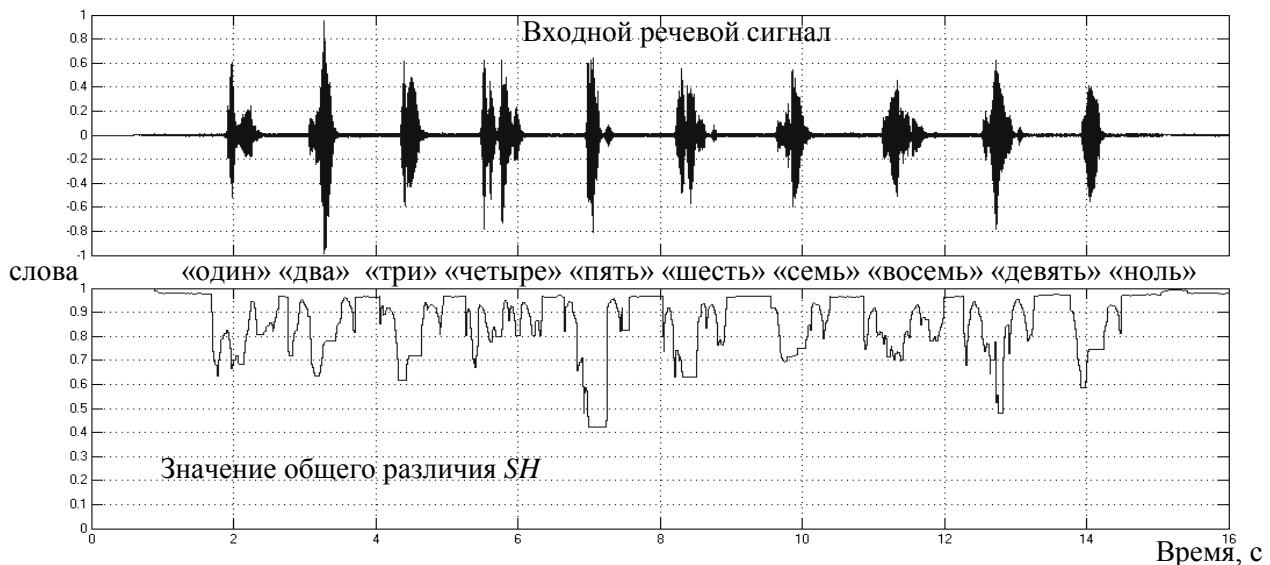


Рис. 6. Графики входного сигнала и величины отлчия от шаблона после использования относительной меры и нелинейности. Входной сигнал из файла №2

Fig. 6. Plots of the input signal and the value of the difference from the template after using relative measure and nonlinear. Input signal from file №2

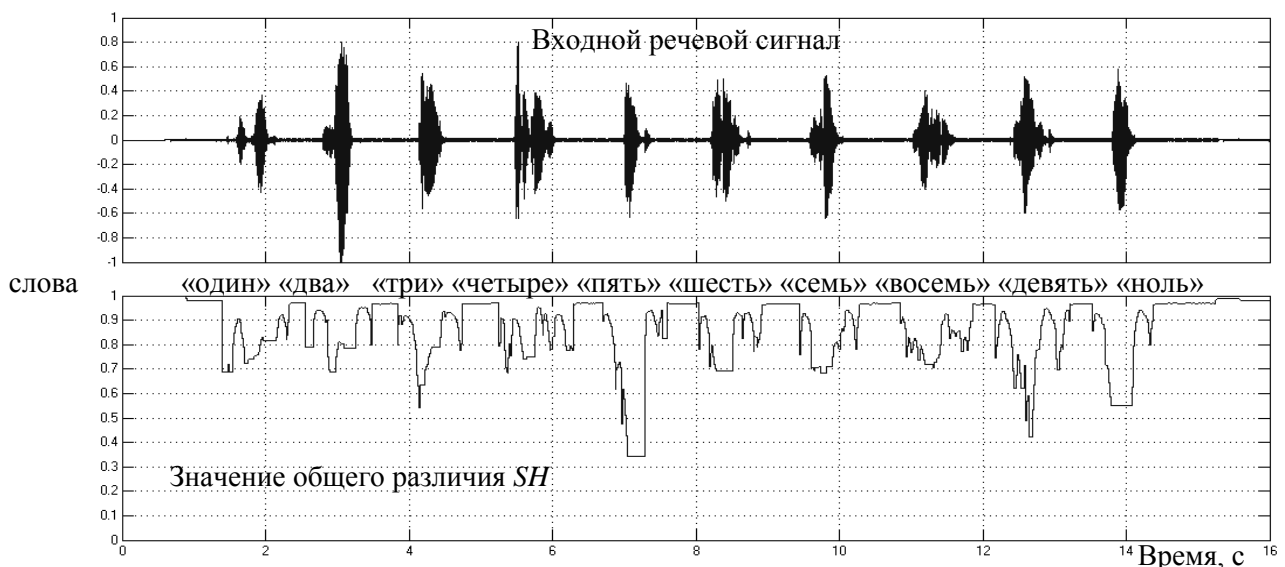


Рис. 7. Графики входного сигнала и величины отлчия от шаблона после использования относительной меры и нелинейности. Входной сигнал из файла №4

Fig. 7. Plots of the input signal and the value of the difference from the template after using relative measure and nonlinear. Input signal from file №4

Применение нелинейности позволило повысить различительную способность алгоритма. Минимум для слова «пять» выделяется сильнее по отношению к другим словам и графикам предыдущих экспериментов. Для наглядности на рисунках 8-10 приведены графики для речевых сигналов из файлов №1, №3, №5. Поведение графиков одинаковое.

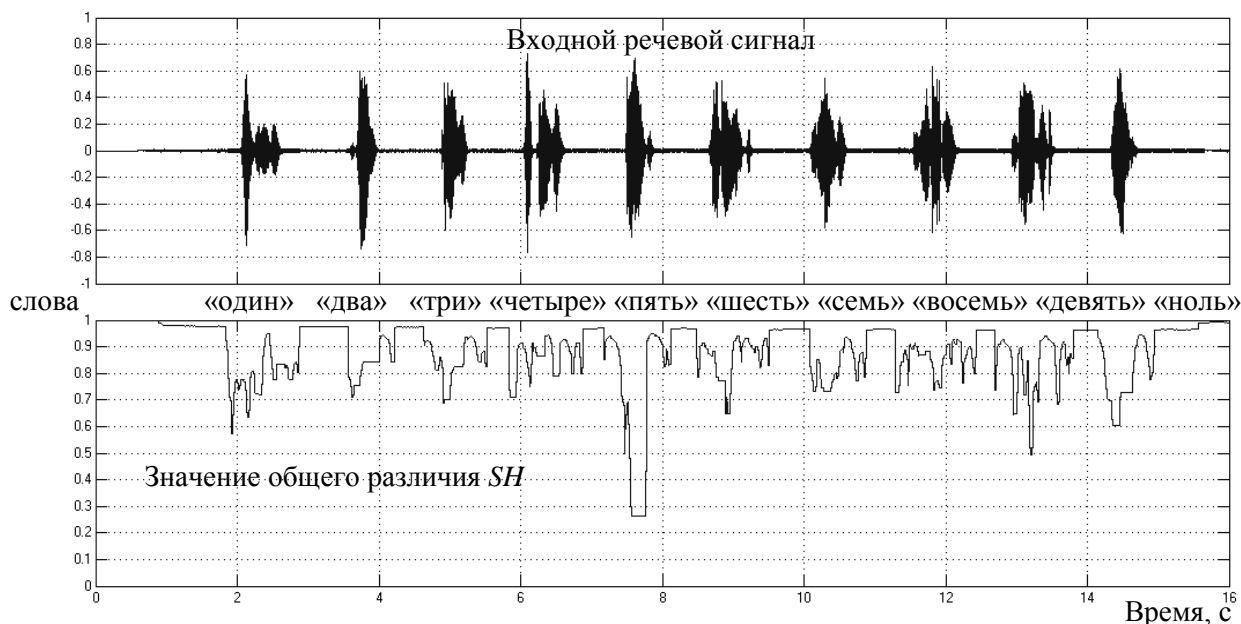


Рис. 8. Графики входного сигнала и величины отклонения от шаблона после использования относительной меры и нелинейности. Входной сигнал из файла №1

Fig. 8. Plots of the input signal and the value of the difference from the template after using relative measure and nonlinear. Input signal from file №1

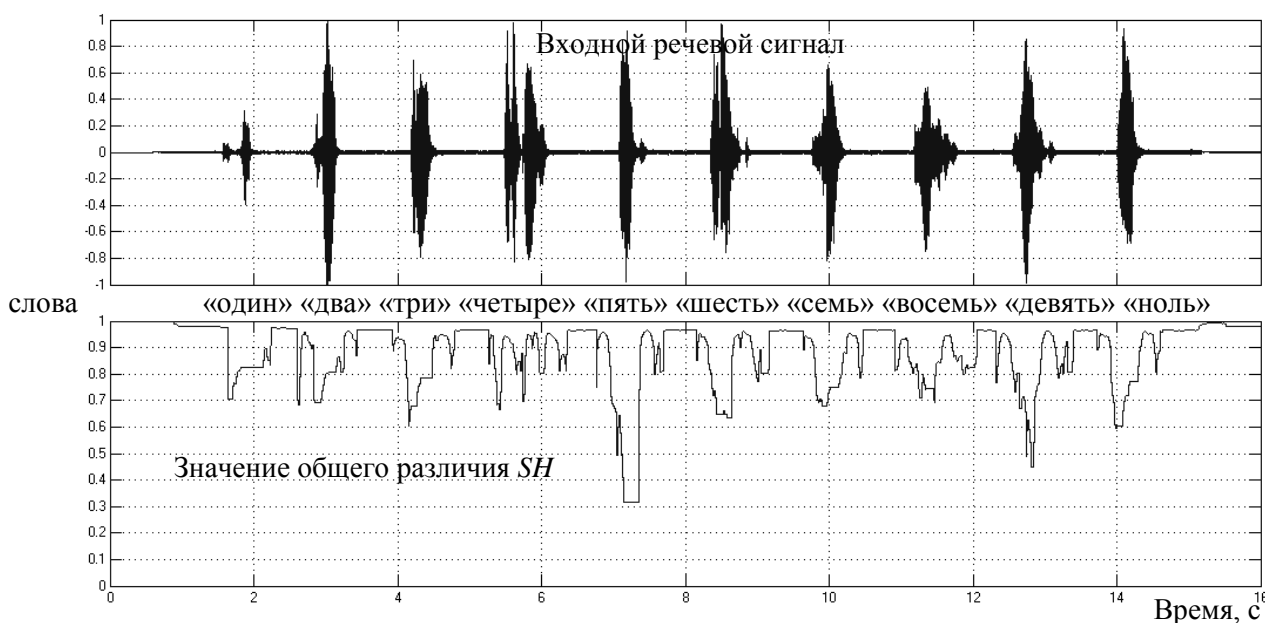


Рис. 9. Графики входного сигнала и величины отклонения от шаблона после использования относительной меры и нелинейности. Входной сигнал из файла №3

Fig. 9. Plots of the input signal and the value of the difference from the template after using relative measure and nonlinear. Input signal from file №3

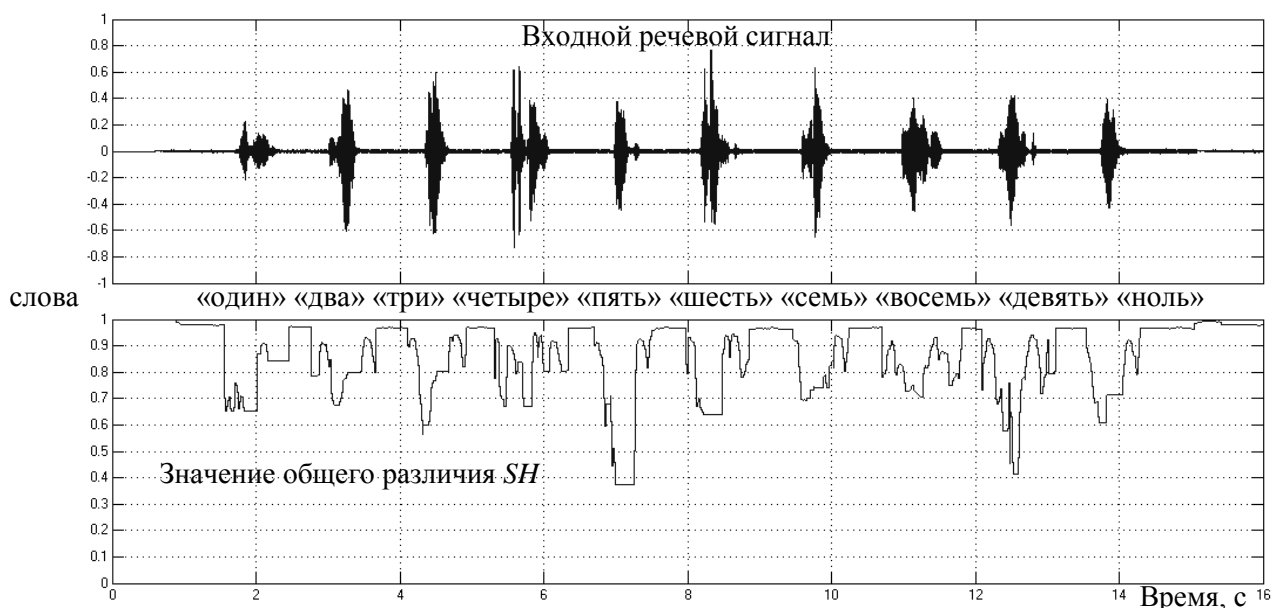


Рис. 10. Графики входного сигнала и величины отличия от шаблона после использования относительной меры и нелинейности. Входной сигнал из файла №5

Fig. 10. Plots of the input signal and the value of the difference from the template after using relative measure and nonlinear. Input signal from file №5

Пороговое значение необходимо определить с учётом разнообразия произношения ключевого слова. Для этого из располагаемых звуковых файлов вручную были выделены и сохранены в переменные матрицы \mathcal{A}_i , $i=1,2,3,4,5$ с оценками энергии для слова «пять». Затем матрицы сравнивались каждая с каждой алгоритмом динамического искажения с применением относительной меры между столбцами и нелинейным преобразованием оценок энергии путём извлечения квадратного корня.

$$SH_{ij} = DTW\left(\sqrt{\mathcal{A}_i}, \sqrt{\mathcal{A}_j}\right), \quad (17)$$

где $i, j=1,2,3,4,5$ – индексы файлов, откуда было взято слово «пять»,

$\mathcal{A}_i, \mathcal{A}_j$ – матрицы признаков для слова «пять», элементы матрицы вычисляются по формуле (4) с последующим применением скользящего среднего (9); количество строк в матрице равно количеству частотных интервалов, количество столбцов соответствует длительности звучания слова после прореживания (10), определено вручную;

$DTW()$ – функция алгоритма динамического искажения, описанная формулами (11)-(13), (15).

В отличие от непрерывного речевого сигнала, нет необходимости скользить окном анализа, отмечая величину отличия в каждый момент времени. На данном этапе имеются фиксированные матрицы, описывающие слово «пять». Поэтому в результате сравнения получается одно число, а не график во времени.

Результаты парных сравнений показывают, насколько разнообразно произносилось слово «пять» одним диктором. Полученные значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Table 1

Величина различия SH_{ij} между словами «пять» одного диктора
Value of difference SH_{ij} between word «five» of single announcer

Откуда взято слово «пять»	Из файла №1	Из файла №2	Из файла №3	Из файла №4	Из файла №5
Из файла №1	0	0,470	0,755	0,414	0,576
Из файла №2	0,470	0	0,450	0,238	0,249
Из файла №3	0,755	0,450	0	0,544	0,405
Из файла №4	0,414	0,238	0,544	0	0,281
Из файла №5	0,576	0,249	0,405	0,281	0

Среднее значение по этой выборке, игнорируя нули на диагонали, составляет 0.438, среднеквадратичное отклонение 0.161. По этим числам можно принять порог из диапазона от $h_{min}=0.438-0.161=0.277$ до $h_{max}=0.438+0.161=0.599$. Пусть $h=0.5$, чтобы уменьшить ошибку типа «пропуск цели».

Чтобы уменьшить реакцию на одиночные случайные выбросы, сравнение с порогом предлагается учитывать не на одном шаге вычислений, а на десяти.

$$Flag = (SH(n1) < h) \wedge (SH(n1-1) < h) \wedge \dots \wedge (SH(n1-9) < h), \tag{18}$$

где *Flag* – логический результат сравнения с порогом,

SH(*n1*) – значение общего различия, вычисленное на шаге *n1*.

Результат отработки сравнения с порогом на рисунках 11-15.

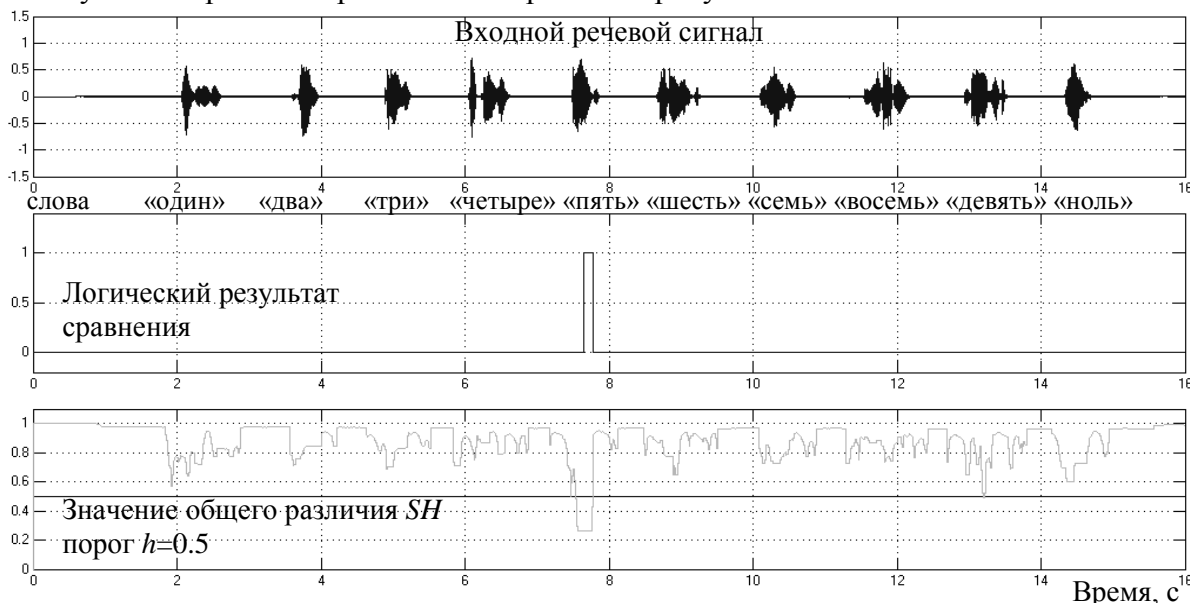


Рис. 11. Графики: входной сигнал (верхний), флаг обнаружения слова (средний) и величина отлчия от шаблона для речевого сигнала из файла №1 вместе с пороговым значением 0.5 (нижний)
 Fig. 11. Plots: input signal graphs (upper), word detection flag (average) and the difference values from the template for the speech signal from file № 1 together with a threshold value of 0.5 (lower)

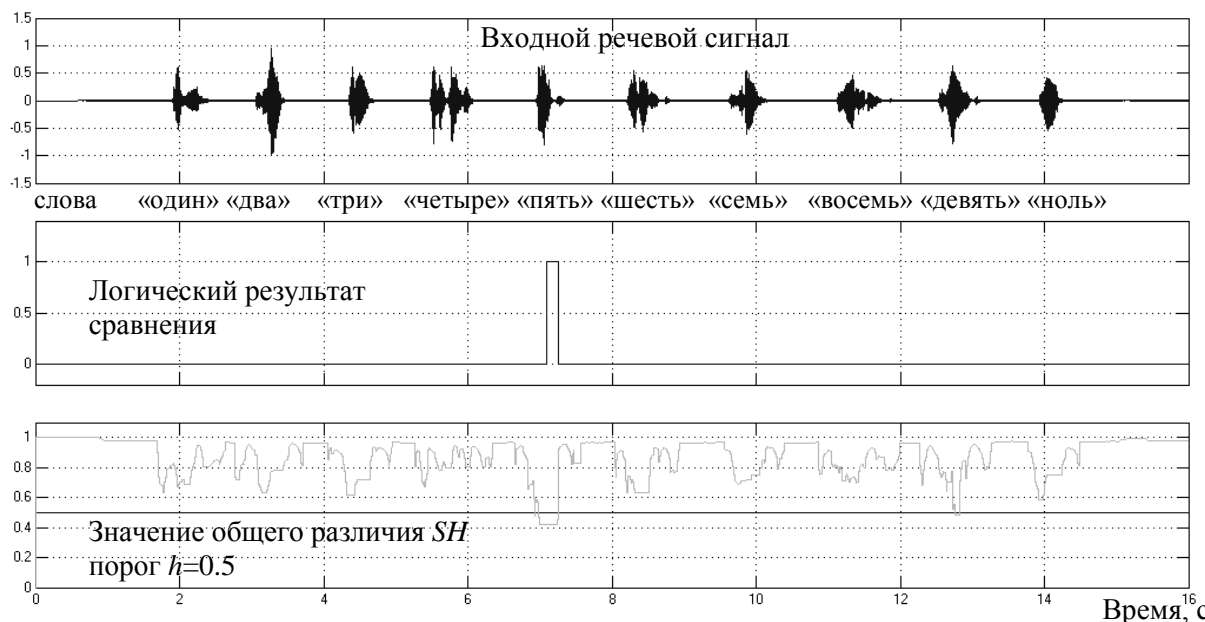


Рис. 12. Графики: входной сигнал (верхний), флаг обнаружения слова (средний) и величина отлчия от шаблона для речевого сигнала из файла №2 вместе с пороговым значением 0.5 (нижний)
 Fig. 12. Plots: input signal graphs (upper), word detection flag (average) and the difference values from the template for the speech signal from file № 2 together with a threshold value of 0.5 (lower)

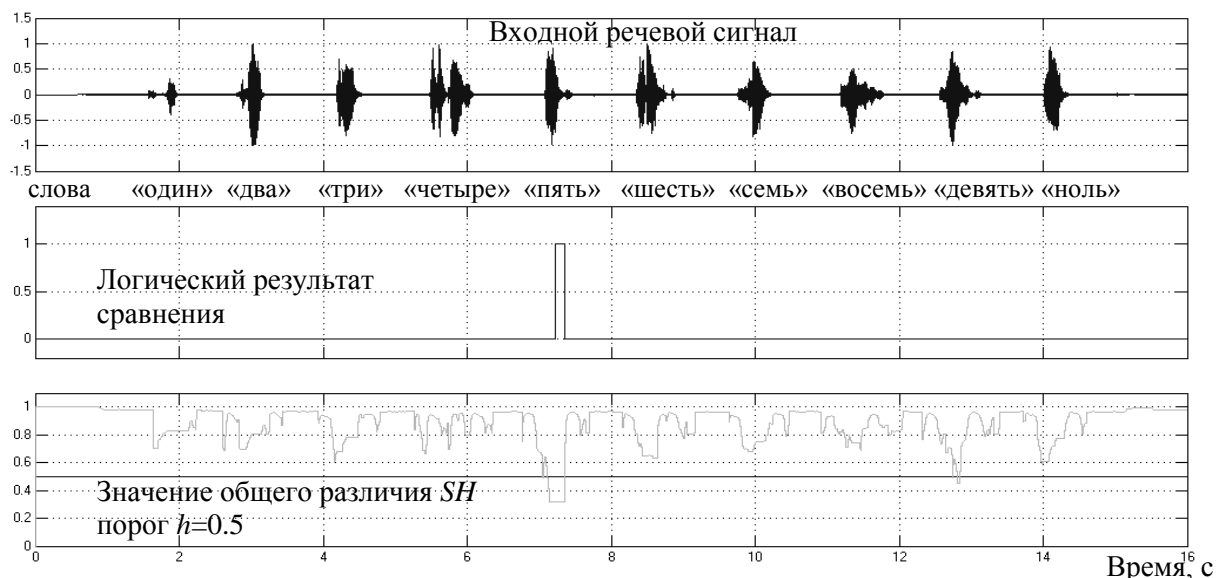


Рис. 13. Графики: входной сигнал (верхний), флаг обнаружения слова (средний) и величина отличия от шаблона для речевого сигнала из файла №3 вместе с пороговым значением 0.5 (нижний)
Fig. 13. Plots: input signal graphs (upper), word detection flag (average) and the difference values from the template for the speech signal from file № 3 together with a threshold value of 0.5 (lower)

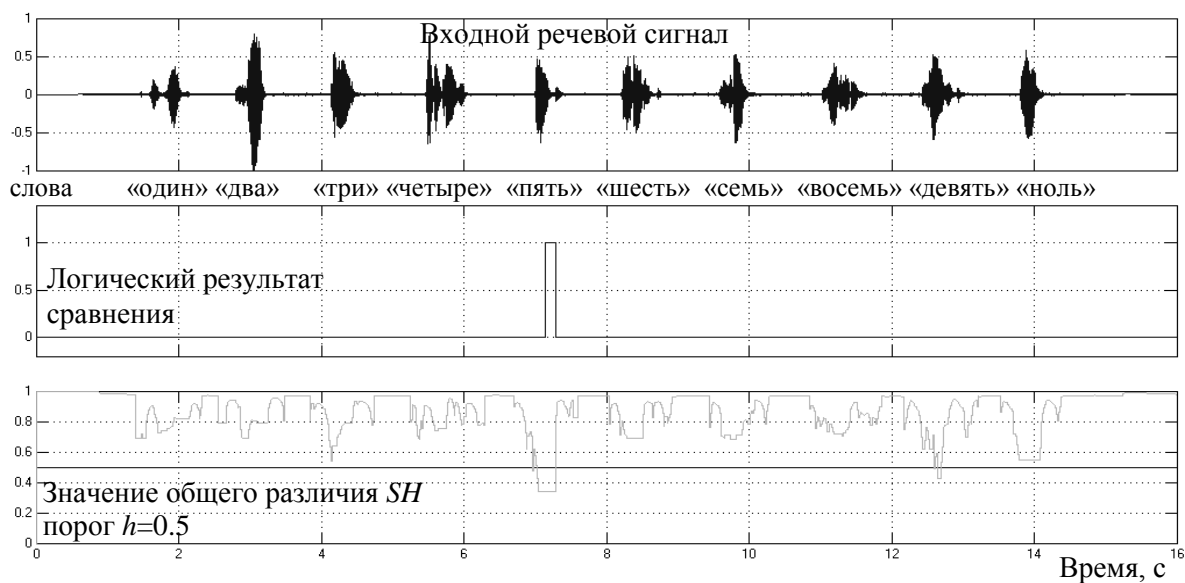


Рис. 14. Графики: входной сигнал (верхний), флаг обнаружения слова (средний) и величина отличия от шаблона для речевого сигнала из файла №4 вместе с пороговым значением 0.5 (нижний)
Fig. 14. Plots: input signal graphs (upper), word detection flag (average) and the difference values from the template for the speech signal from file № 4 together with a threshold value of 0.5 (lower)

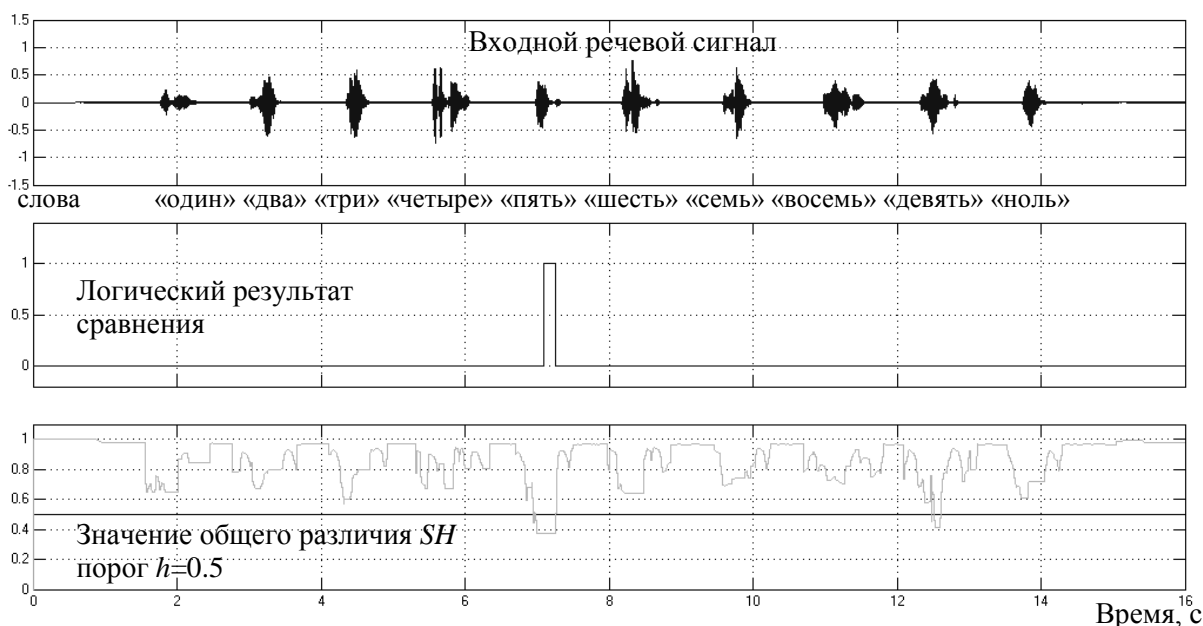


Рис. 15. Графики: входной сигнал (верхний), флаг обнаружения слова (средний) и величина отличия от шаблона для речевого сигнала из файла №5 вместе с пороговым значением 0.5 (нижний)
 Fig. 15. Plots: input signal graphs (upper), word detection flag (average) and the difference values from the template for the speech signal from file № 5 together with a threshold value of 0.5 (lower)

Для всех файлов слово «пять» обнаружено правильно. Ошибки «пропуск цели» не было, ошибки «ложная тревога» не было. Для некоторых практических применений это приемлемо.

Список литературы References

1. Материал из Википедии - свободной энциклопедии Распознавание речи. Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. (in Russian)
2. Галунов В.И. 2007. Верификация и идентификация говорящего. С-Петербургский государственный университет.
Galunov V.I. 2007. Verifikacija i identifikacija govornjashhego. S-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet. (in Russian)
3. Мясников Л.Л., Мясникова Н.Е. 1970. Автоматическое распознавание звуковых образов Л., «Энергия», 183.
Mjasnikov L.L., Mjasnikova N.E. 1970. Avtomaticheskoe raspoznvanie zvukovyh obrazov L., «Jenergija», 183. (in Russian)
4. Хайкин Саймон, 2006. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. Пер. с англ. М. Издательский дом «Вильямс».1104.
Najkin Sajmon, 2006. Nejronnye seti: polnyj kurs, 2-e izdanie. Per. s angl. M. Izdatel'skij dom «Vil'jams».1104. (in Russian)
5. Белановский А.С. 1989. Основы биофизики в ветеринарии: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. М. Агропромиздат. 271.
Belanovskij A.S. 1989. Osnovy biofiziki v veterinarii: Ucheb. posobie dlja studentov vyssh. учеб. zavedenij. M. Agropromizdat. 271. (in Russian)
6. Бекеша Г., Розенблат В.А. 1963. Механические свойства уха. Психоакустическая лаборатория Гарвардского университета. Экспериментальная психология (том 2). редактор-составитель С.С. Стивенс: Пер. с англ. Под ред. П.К. Анохина, В.А. Артёмова. Издательство иностранной литературы, Москва.
Bekeshi G., Rozenblat V.A. 1963. Mehanicheskie svojstva uha. Psihoakusticheskaja laboratorija Garvardskogo universiteta. Jeksperimental'naja psihologija (tom 2). redaktor-sostavitel' S.S. Stivens: Per. s angl. Pod red. P.K. Anohina, V.A. Artjomova. Izdatel'stvo inostranoj literatury, Moskva. (in Russian)
7. Алдошина И. Основы психоакустики. Подборка статей. Available at: <http://www.625-net.ru> (11 февраля 2010).

- Aldoshina I. Osnovy psihoakustiki. Podboroka statej. Available at: <http://www.625-net.ru> (11 February 2010). (in Russian)
8. Вологдин Э.И. 2004. Слух и восприятие звука: Учеб. пособие. СТ«Факультет ДВО», СПб.
Vologdin Je.I. 2004. Sluh i vosprijatie zvuka: Ucheb. posobie. ST«Fakul'tet DVO», SPb. (in Russian)
9. Жилияков Е.Г., Белов С.П., Прохоренко Е.И. 2007. Методы обработки речевых данных в информационно-телекоммуникационных системах на основе частотных представлений. Белгород: Изд-во БелГУ. 136.
Zhiljakov E.G., Belov S.P., Prohorenko E.I. 2007. Metody obrabotki rechevyh dannyh v informacionno-telekommunikacionnyh sistemah na osnove chastotnyh predstavlenij. Belgorod: Izd-vo BelGU. 136. (in Russian)
10. Жилияков Е.Г. 2007. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: моногр. Белгород: Изд-во БелГУ. 160.
Zhiljakov E.G. 2007. Variacionnye metody analiza i postroeniya funkcij po jempiricheskim dannym: monogr. Belgorod: Izd-vo BelGU. 160. (in Russian)
11. Черноморец А.А., Прохоренко Е.И., Голошапова В.А., 2009. О свойствах собственных векторов субполосных матриц. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 7(62): 122-128.
Chernomorec A.A. Prohorenko E.I., Goloshhapova A.A., 2009. About properties of subband matrices eigenvectors. Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 7(62): 122-128. (in Russian)
12. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б. 2006. Основы ЦОС: Учеб. пособие. Государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 747.
Solonina A.I., Ulahovich D.A., Arbuzov S.M., Solov'eva E.B. 2006. Osnovy COS: Ucheb. posobie. Gosudarstvennyj universitet telekommunikacij im. prof. M. A. Bonch-Bruevicha, 747. (in Russian)
13. Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., Болгова Е.В., 2015. Оценивание производных дискретных функций. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 19(216): 96–100.
Zhiljakov E.G., Chernomoretz A.A., Bolgova E.V., 2015. Discrete functions derivatives estimation. Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]. 19(216): 96–100. (in Russian)
14. Pavel Senin, 2008. Dynamic time warping algorithm review. Information and computer science department University of Hawaii at Manoa Honolulu. 23 .
15. H. Sakoe and S. Chiba, 1978. Dynamic programming algorithm optimization for spoken word recognition, Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Transactions on, 1(26): 43-49. Available at: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1163055
16. Скворцов В.А. 2002. Примеры метрических пространств. М. МЦНМО. 24.
Skvorcov V.A. 2002. Primery metrisheskih prostranstv. M. MCNMO. 24. (in Russian)
17. Семкин Б.И., Горшков М.В. 2008. Аксиоматическое введение мер сходства, различия, совместимости и зависимости для компонентов биоразнообразия. Вестник ТГУЭ. 4.
Semkin B.I., Gorshkov M.V. 2008. Aksiomaticheskoe vvedenie mer shodstva, razlichija, sovmestimosti i zavisimosti dlja komponentov bioraznoobrazija. Vestnik TGUJe. 4. (in Russian)

УДК 621.391.15

О ВЛИЯНИИ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ СПУТНИКОВЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СО СЛОЖНЫМИ СИГНАЛАМИ

ON THE IMPACT OF DOPPLER FREQUENCY SHIFT ON THE NOISE IMMUNITY OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS WITH COMPLEX SIGNALS

С.П. Белов, С.А. Рачинский, А.С. Белов, Ан.С. Белов, Н.О. Ефимов
S.P. Belov, S.A. Raczynski, A.S. Belov, An.S. Belov, N.O. Efimov

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

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: belov@bsu.edu.ru, 677110@bsu.edu.ru, belov_as@bsu.edu.ru, belov_a@bsu.edu.ru,
n.o.efimov@gmail.com

Аннотация

Известно, что при организации информационного обмена с подвижными объектами на основе применения узкополосных сигналов эффективность использования выделенных частотного и временного ресурсов канала передачи снижается из-за большой неопределенности частоты, вызванной эффектом Доплера, и изменений времени прихода принимаемых сигналов. В связи с этим в настоящее время одним из перспективных направлений в области разработки методов формирования канальных сигналов для современных спутниковых телекоммуникационных систем с кодовым разделением адресов, обеспечивающих информационный обмен между удаленными абонентами в северных широтах, является использование сложных сигналов, полученных в результате применения специальных кодов и новых методов расширения спектра. Однако целесообразность применения того или иного класса сигналов в указанных системах во многом определяется их устойчивостью к доплеровскому сдвигу частоты. В связи с этим в работе анализируется влияние указанного эффекта на помехоустойчивость спутниковых телекоммуникационных систем со сложными сигналами.

Abstract

It is known that the organization of information exchange with mobile objects through the use of narrow-band signals, the efficiency of use of allocated frequency and time resource of the transmission channel is reduced due to the large uncertainty in the frequency caused by the Doppler effect, and changes the time of arrival of the received signals. In this regard, currently one of the promising directions in the development of methods of formation of channel signals for modern satellite communication systems with code division addresses, providing communication between remote subscribers in the Northern latitudes, is the use of complex signals, resulting from the use of special codes and new methods expansion of the spectrum. However, the feasibility of one or another class of signals in these systems is largely determined by their resistance to Doppler frequency shift. In this regard, the work discusses the influence of this effect on noise immunity of telecommunication systems with complex signals.

Ключевые слова: спутниковые телекоммуникационные системы, линейно-частотно модулированный сигнал, функция неопределенности, помехоустойчивость, псевдослучайная последовательность.

Keywords: satellite telecommunication systems, linear frequency modulated signal, a function of uncertainty, noise, pseudorandom sequence.

Введение

Одним из наиболее известных классов сложных сигналов, широко используемых сегодня в спутниковых телекоммуникационных системах с кодовым разделением адресов,

являются так называемые ФМ ПСП сигналы, полученные в результате модуляции по фазе высокочастотного гармонического колебания по закону псевдослучайной последовательности (ПСП) [Варакин Л.Е., 1985]. Целесообразность применения этих сигналов в указанных системах обоснована большим объемом ансамбля слабокоррелированных форм, но у них, как известно, отсутствует свойство инвариантности к доплеровскому сдвигу частоты, что приводит к большим частотно-временным затратам на поиск и синхронизацию ФМ ПСП сигналов. Вместе с тем известен класс сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), обладающий свойством инвариантности к доплеровскому сдвигу частоты, а, следовательно, на их основе достаточно просто может быть решена задача построения беспоисковых по частоте спутниковых телекоммуникационных систем. Однако данный класс сигналов имеет малый ансамбль слабокоррелированных форм, что не позволяет применять его в телекоммуникационных системах с кодовым разделением адресов из-за высокого уровня внутрисистемных помех.

В работах [Белов С.П. и др. 2015; Белов С.П., Жиляков Е.Г., Белов А.С., 2008], было показано, что в качестве переносчиков информации в спутниковых телекоммуникационных системах с кодовым разделением адресов значительно эффективнее использовать ЛЧМ ФМ или ПС ЛЧМ сигналы, в которых объединены положительные свойства как ЛЧМ, так и ФМ ПСП сигналов. Однако ни в одной из указанных работ не был исследован очень важный аспект, связанный с количественной оценкой влияния доплеровского сдвига частоты (который при нахождении спутников на высокоэллиптических орбитах достигает 50 кГц) на помехоустойчивость спутниковых телекоммуникационных систем с кодовым разделением адресов этих классов сложных сигналов. В связи с этим в данной работе анализируется влияние указанного эффекта на помехоустойчивость спутниковых телекоммуникационных систем со сложными сигналами.

Основная часть

Для оценки доплеровского сдвига частоты, как известно [Кук Ч., Бернфельд М. 1971; Тузов Г.И., 1977], широко используется функция неопределённости (ФН), которая в математическом виде может быть представлена следующим образом:

$$\chi_i(\tau, F_d) = \frac{1}{2E} \int_{-\infty}^{\infty} S_i(t) \cdot S_i^*(t-\tau) \cdot \exp(j2\pi F_d t) dt \quad (1)$$

где: τ – временной сдвиг между сигналами, F_d – доплеровский сдвиг частоты, E – энергия сигнала, $S_i(t)$ – огибающая принимаемого i – ого сигнала, $S_i^*(t-\tau)$ – комплексно-сопряженная огибающая i – ого сигнала.

Для ЛЧМ сигналов, огибающая которых, согласно [4], представима выражением:

$$S(t) = S_0 \cdot \exp\left(j\mu \frac{t^2}{2}\right) \quad (2)$$

где S_0 - амплитуда огибающей сигнала, в дальнейшем постоянная величина, равная 1, μ - крутизна модуляционной характеристики ЛЧМ радиоимпульса (скорость изменения частоты), связанная с девиацией частоты ΔF и длительностью сигнала T , соотношением $\mu = 2 \cdot \pi \cdot \Delta F / T$,

ФН в графическом виде, для различных значений доплеровского сдвига частоты (F_d от 0 до 50 кГц) и величине базы сигнала $B = \Delta F * T = 1000$, представлена на рисунке 1.

Для ФМ ПСП сигналов, огибающая которых, согласно [Тузов Г.И., 1977], представима выражением:

$$S(t) = S_0 \cdot \sum_{l=1}^N v_l \cdot \text{rect}\left\{ \frac{t - (l-1) \cdot \tau_{\Sigma} - \frac{T}{2} - \frac{\tau_{\Sigma}}{2}}{\tau_{\Sigma}} \right\} \quad (3)$$

где τ_3 – длительность элемента ПСП; N-количество элементов в ПСП; v_l -коэффициент, характеризующий состояние ПСП, принимает значения +1 или -1, $rect(x) = 1, \text{ при } |x| \leq \frac{1}{2}; rect(x) = 0, \text{ при } |x| > \frac{1}{2}$ – прямоугольная «срезающая» функция.

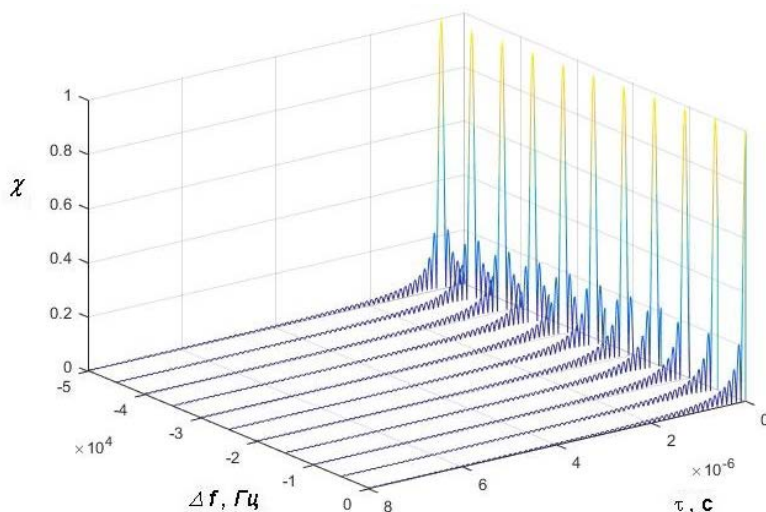


Рис.1. Значения ФН для ЛЧМ сигнала при B =1000
 Fig.1. The FU values for the LFM signal at B = 1000

ФН в графическом виде, для различных значений доплеровского сдвига частоты (F_d от 0 до 50 кГц) и величине B=1000, представлена на рисунке 2.

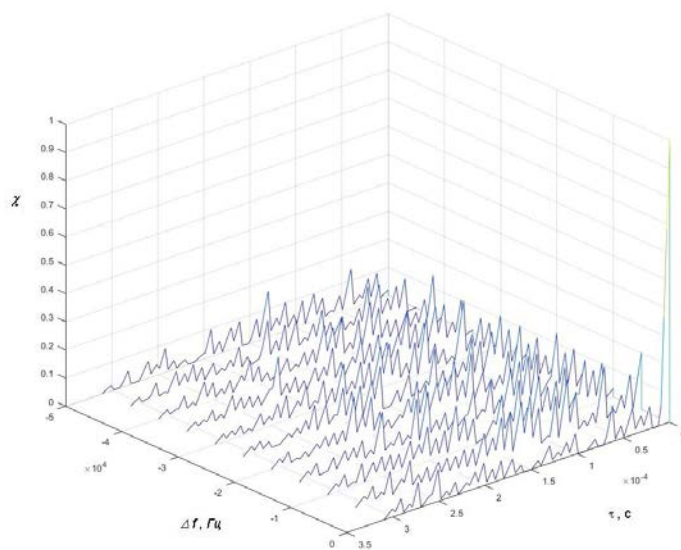


Рис. 2. Значения ФН для ФМ ПСП сигнала при B =1000, N=31
 Fig. 2. The FU values for the PM PRS signal at B = 1000, N = 31

Для ЛЧМ ФМ сигналов, огибающая которых, согласно [Белов С.П., Жилияков Е.Г., Белов А.С. 2008], представима выражением:

$$s(t) = \begin{cases} S_0 \cdot \sum_{l=1}^N v_l \cdot rect \left\{ \frac{t - (l-1) \cdot \tau_3 - \frac{T}{2} - \frac{\tau_3}{2}}{\tau_3} \right\} \cdot \exp \left(j \mu \frac{t^2}{2} \right); & \text{при } |t| \leq \frac{T}{2} \\ 0; & \text{при других } t \end{cases} \quad (4)$$

ФН в графическом виде для величины базы сигнала B=1000, различных значений доплеровского сдвига частоты (F_d от 0 до 50 кГц) и числа элементов ПСП 31 и 127, представлены на рисунках 3 и 4.

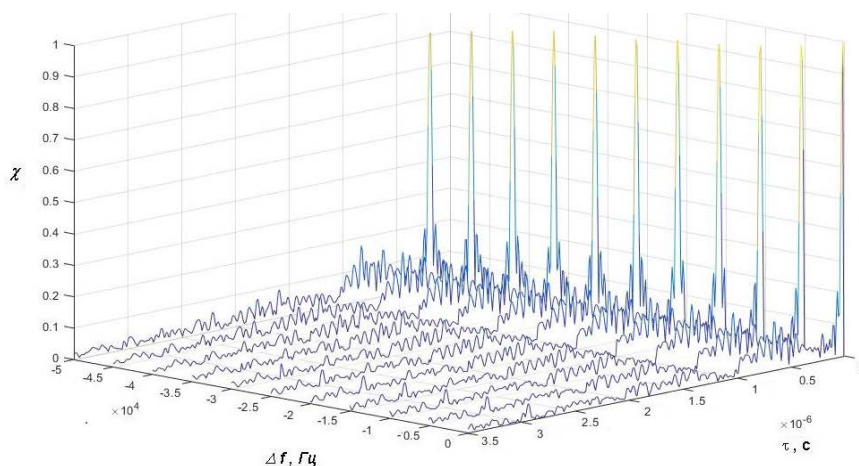


Рис. 3. Значения ФН для ЛЧМ ФМ сигнала при B =1000, N=31
 Fig. 3. The FU values for the LFM PM signal at B = 1000, N = 31

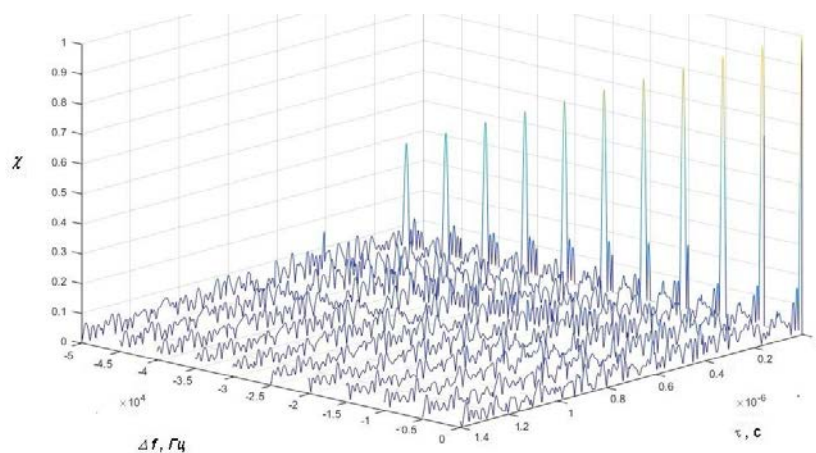


Рис. 4. Значения ФН для ЛЧМ ФМ сигнала при B =1000, N=127
 Fig. 4. The FU values for the LFM PM signal at B = 1000, N = 127

Для ПС ЛЧМ сигналов, огибающая которых, согласно [Белов С.П., Жилияков Е.Г. и др. 2015], представима выражением:

$$S(t) = \begin{cases} S_0 \cdot \sum_{l=0}^{N-1} v_{l+1} \cdot \text{rect} \left\{ \frac{t-l \frac{T}{N}}{T_0} \right\} \cdot \exp \left[j \cdot \left(\omega_0 \cdot \left(t-l \frac{T}{N} \right) + \frac{\mu \left(t-l \frac{T}{N} \right)^2}{2} \right) \right] + \\ + S_0 \cdot \sum_{l=0}^{N-1} (1-v_{l+1}) \cdot \text{rect} \left\{ \frac{t-l \frac{T}{N} - \tau_0}{T_0} \right\} \cdot \exp \left[j \cdot \left(\omega_0 \left(t-l \frac{T}{N} - \tau_0 \right) + \frac{\mu \left(t-l \frac{T}{N} - \tau_0 \right)^2}{2} \right) \right]; \\ 0, \text{ при } \left[\frac{N-1}{N} \cdot T + T_0 + (1-v_N) \cdot \tau_0 \right] < t < 0 \end{cases} \quad (5)$$

где: v_{l+1} -коэффициент, характеризующий состояние кодируемой последовательности и принимающий значения +1 или 0; ω_0 -средняя частота ЛЧМ радиоимпульса; T_0 -длительность ЛЧМ радиоимпульса; τ_0 -величина задержки между началом ЛЧМ радиоимпульса и началом элемента ПСП, соответствующего нулевым значениям коэффициентов v_{l+1} ;

ФН в графическом виде для величины базы сигнала $V = \Delta F \cdot T_o = 1000$, различных значений доплеровского сдвига частоты (F_d от 0 до 50 кГц) и числа элементов ПСП 31 и 127, представлены на рисунках 5 и 6.

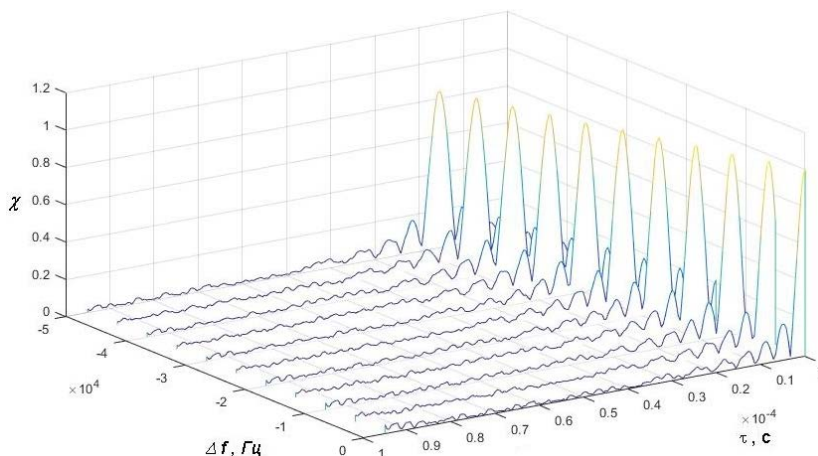


Рис. 5. Значения ФН для ПС ЛЧМ сигнала при $V = 1000, N = 31$
 Fig. 5. The FU values for the PR LFM signal at $V = 1000, N = 31$

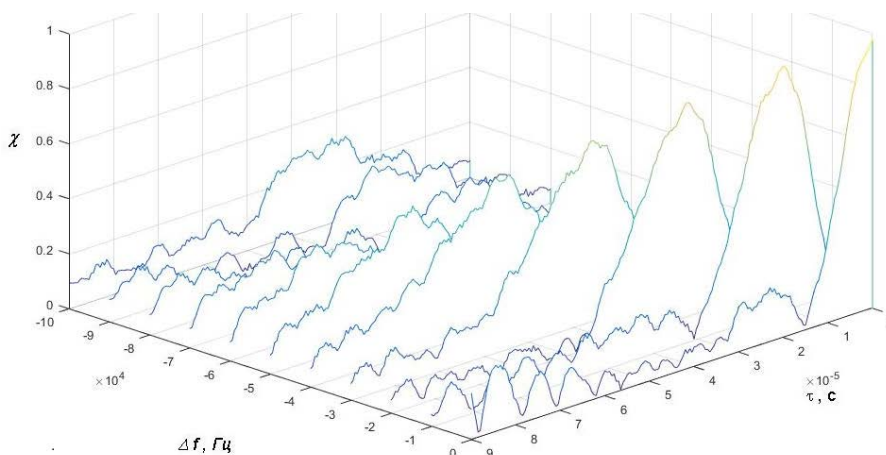


Рис. 6. Значения ФН для ПС ЛЧМ сигнала при $V = 1000, N = 127$
 Fig. 6. The FU values for the PR LFM signal at $V = 1000, N = 127$

При оценке помехоустойчивости спутниковых телекоммуникационных систем с кодовым разделением адресов, при использовании в качестве переносчиков информации рассматриваемых классов сигналов воспользуемся формулой, приведенной в [Зюко, А.Г., Кловский Д.Д. и др., 1980]:

$$P_{ош} = 0,5[1 - \Phi(h)] \tag{6}$$

где $\Phi(h) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^h e^{-x^2/2} dx$ – интеграл вероятностей, $h = \sqrt{\frac{E}{N_0}}$, где E – энергия сигнала, N_0 – спектральная плотность мощности.

Целесообразность применения формулы (6) обоснована тем, что рассматриваемые классы сигналов, как показывают результаты экспериментальных исследований их функций взаимной неопределенности, являются квазиортогональными, т.е. их значения близки к нулю.

Для нахождения численных значений вероятности ошибки необходимо определить аргумент интеграла вероятности h при всех значениях доплеровского сдвига частоты. Для этого вначале находим максимальные значения ФН для каждого из рассматриваемых классов сигналов при всех величинах доплеровского сдвига частоты, а затем умножаем найденные значения ФН (размещены в Таблице 1), на выбранные значения отношения энергии сигнала к спектральной плотности мощности (при $F_d = 0$). Выбранные и полученные изложенным



выше способом значения искомого аргумента, в которых учтено влияние доплеровского сдвига частоты на выбранные значения отношения энергии сигнала к спектральной плотности мощности, представлены в Таблице 2.

Таблица 1

Table 1

Максимальные значения функций неопределённости для ЛЧМ, ПС ЛЧМ, ЛЧМ ФМ, ФМ ПСП сигналов при различных значениях доплеровских сдвигов частоты
The maximum values of the uncertainty functions for LFM, PR LFM, LFM PRS, PM PRS signals for different values of Doppler frequency shifts

Значения доплеровского сдвига частоты (кГц)	Значение ФН для ЛЧМ сигнала	Значение ФН для ПС ЛЧМ N=31	Значение ФН для ЛЧМ ФМ N=31	Значение ФН для ЛЧМ ФМ N=127	Значение ФН для ФМ ПСП сигнала при N=31
5	0.9995	0.9889	0.9715	0.9374	0.05
10	0.999	0.9651	0.9513	0.8741	0.031
15	0.9985	0.9471	0.9466	0.811	0.061
20	0.998	0.9394	0.9354	0.748	0.0297
25	0.9975	0.9242	0.91	0.685	0.0294
30	0.997	0.9016	0.8962	0.6223	0.027
35	0.9965	0.883	0.8816	0.5596	0.013
40	0.996	0.874	0.8681	0.4971	0.024
45	0.9955	0.8592	0.8413	0.4348	0.004
50	0.995	0.8374	0.8358	0.3692	0.02

Таблица 2

Table 2

Отношения энергии сигнала к спектральной плотности мощности шума
Relationship signal energy to noise power spectral density

Значения E/N_0 при $F_d=0$	ПС ЛЧМ, N=31 Значения E/N_0 при $F_d=10, 30, 50$ кГц			ЛЧМ ФМ, N=31 Значения E/N_0 при $F_d=10, 30, 50$ кГц			ЛЧМ ФМ, N=127 Значения E/N_0 при $F_d=10, 30, 50$ кГц		
	10кГц	30кГц	50кГц	10кГц	30кГц	50кГц	10кГц	30кГц	50кГц
	1	0,965	0,901	0,837	0,951	0,896	0,835	0,874	0,622
2	1,930	1,803	1,674	1,902	1,792	1,671	1,748	1,244	0,738
3	2,895	2,704	2,512	2,853	2,688	2,507	2,622	1,866	1,107
4	3,860	3,606	3,349	3,805	3,584	3,343	3,496	2,489	1,476
5	4,825	4,508	4,187	4,756	4,481	4,179	4,370	3,111	1,846
6	5,790	5,409	5,024	5,707	5,377	5,014	5,244	3,733	2,215
7	6,755	6,311	5,861	6,659	6,273	5,850	6,118	4,356	2,584
8	7,720	7,212	6,699	7,610	7,169	6,686	6,992	4,978	2,953
9	8,685	8,114	7,536	8,561	8,065	7,522	7,866	5,600	3,322
10	9,651	9,016	8,374	9,513	8,962	8,358	8,741	6,223	3,692
11	10,616	9,9176	9,211	10,464	9,858	9,193	9,615	6,845	4,061
12	11,581	10,819	10,048	11,415	10,754	10,029	10,489	7,467	4,430
13	12,546	11,720	10,886	12,366	11,650	10,865	11,363	8,089	4,799
14	13,511	12,622	11,723	13,318	12,546	11,701	12,237	8,712	5,168
15	14,476	13,524	12,561	14,269	13,443	12,537	13,111	9,334	5,538
16	15,441	14,425	13,398	15,220	14,339	13,372	13,985	9,956	5,907
17	16,406	15,327	14,235	16,172	15,235	14,208	14,859	10,579	6,276
18	17,371	16,228	15,073	17,123	16,131	15,044	15,733	11,201	6,645
19	18,336	17,130	15,910	18,074	17,027	15,880	16,607	11,823	7,014
20	19,302	18,032	16,748	19,026	17,924	16,716	17,482	12,446	7,384

На основании полученных результатов были составлены Таблицы 3-5 изменения $R_{\text{ош}}$ для ПС ЛЧМ и ЛЧМ ФМ сигналов.



Таблица 3
Table 3

Изменения $P_{\text{ош}}$ ПС ЛЧМ сигнала, при $V=1000$, $N=31$
Changes P_{er} PR LFM of the signal at $V=1000$, $N=31$

$F_{\text{д}}$ $h, \text{дБ}$	0	10кГц	30кГц	50кГц
5	$1.267 \cdot 10^{-2}$	$1.4 \cdot 10^{-2}$	$1.683 \cdot 10^{-2}$	$1.903 \cdot 10^{-2}$
10	$7.827 \cdot 10^{-4}$	$9.462 \cdot 10^{-4}$	$1.338 \cdot 10^{-3}$	$1.903 \cdot 10^{-3}$
15	$5.367 \cdot 10^{-5}$	$7.068 \cdot 10^{-5}$	$1.17 \cdot 10^{-4}$	$1.96 \cdot 10^{-4}$
20	$3.872 \cdot 10^{-6}$	$5.55 \cdot 10^{-6}$	$1.077 \cdot 10^{-5}$	$2.121 \cdot 10^{-5}$

Таблица 4
Table 4

Изменения $P_{\text{ош}}$ ЛЧМ ФМ сигнала, при $V=1000$, $N=31$
Changes P_{er} LFM PM of the signal at $V=1000$, $N=31$

$F_{\text{д}}$ $h, \text{дБ}$	0	10кГц	30кГц	50кГц
5	$1.267 \cdot 10^{-2}$	$1.459 \cdot 10^{-2}$	$1.714 \cdot 10^{-2}$	$2.046 \cdot 10^{-2}$
10	$7.827 \cdot 10^{-4}$	$1.02 \cdot 10^{-3}$	$1.378 \cdot 10^{-3}$	$1.92 \cdot 10^{-3}$
15	$5.367 \cdot 10^{-5}$	$7.921 \cdot 10^{-5}$	$1.23 \cdot 10^{-4}$	$1.995 \cdot 10^{-4}$
20	$3.872 \cdot 10^{-6}$	$6.447 \cdot 10^{-6}$	$1.15 \cdot 10^{-5}$	$2.171 \cdot 10^{-5}$

Таблица 5
Table 5

Изменения $P_{\text{ош}}$ ЛЧМ ФМ сигнала, при $V=1000$, $N=31$
Changes P_{er} LFM PM of the signal at $V=1000$, $N=31$

$F_{\text{д}}$ $h, \text{дБ}$	0	10кГц	30кГц	50кГц
5	$1.267 \cdot 10^{-2}$	$1.828 \cdot 10^{-2}$	$3.887 \cdot 10^{-2}$	$8.712 \cdot 10^{-2}$
10	$7.827 \cdot 10^{-4}$	$1.556 \cdot 10^{-3}$	$6.305 \cdot 10^{-3}$	$2.734 \cdot 10^{-2}$
15	$5.367 \cdot 10^{-5}$	$1.467 \cdot 10^{-4}$	$1.124 \cdot 10^{-3}$	$9.304 \cdot 10^{-3}$
20	$3.872 \cdot 10^{-6}$	$1.45 \cdot 10^{-5}$	$2.094 \cdot 10^{-4}$	$3.29 \cdot 10^{-3}$

Заключение

Из представленных в Таблицах 3-5 данных видно, что изменение доплеровского сдвига частоты, в реальных пределах его изменения (от 0 до 50 кГц), приводит к уменьшению помехоустойчивости спутниковых телекоммуникационных систем со сложными сигналами. Однако по сравнению с ФМ ПСП сигналами, значения $P_{\text{ош}}$ для ЛЧМ ФМ и ПС ЛЧМ сигналов изменяются незначительно, что позволяет говорить о целесообразности применения этих классов канальных сигналов в спутниковых телекоммуникационных системах с кодовым разделением адресов.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 17-07-00268

Список литературы
References

1. Варакин Л.Е. 1985. Система связи с шумоподобными сигналами. М., Радио и связь, 384.
Varakin L.E. 1985. Communication Systems with noise-like signals. M., Radio and communication, 384.
2. Белов С.П., Жилияков Е.Г., Белов А.С., Рачинский С.А., 2015. Об одном способе цикловой синхронизации широкополосных сигналов. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 19(216): 187-191.
Belov S.P., Zhilyakov E.G. Belov A.S., Rachinskii S.A., 2015. Method of frame synchronization of wideband signals. Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]. 19(216): 187-191. (in Russian).
3. Белов С.П., Жилияков Е.Г., Белов А.С. 2008. Возможность применения одного класса сложных сигналов с ЛЧМ для передачи речевых данных в цифровых мобильных системах связи. Вопросы радиоэлектроники. Сер. «Электронная вычислительная техника (ЭВТ)». М., 1: 161-171.
Belov S. P., Zhilyakov E.G., Belov A. S. 2008. Possibility of the use of a class of complex signals with chirp to transmit voice data in digital mobile communication systems. Questions of radio electronics. Ser. "Electronic computing equipment (EWT)". M., 1: 161-171.
4. Тузов Г.И., 1977. Статистическая теория приема сложных сигналов. М., Сов. Радио, 400.
Tuzov G.I., 1977. Statistical theory of complex signal reception. M., Sov. Radio, 400.
5. Кук Ч., Бернфельд М., 1971. Радиолокационные сигналы. Пер. с английского под ред. Кельзона М. М., Сов. Радио, 568.
Cook CH., Bernfeld M., 1971. Radar signals. Per. with English under the editorship of M. Kelson. M., Sov. Radio, 568.
6. Зюко, А.Г., Кловский Д.Д. и др. 1980. Теория передачи сигналов. М., Связь, 288.
Zyuko, AG, Klovskiy, D.D. and oth. 1980. Theory of signal transmission. M., Communication, 288.

УДК 621.396.01

О ПРИМЕНЕНИИ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ РЕЧЕВОЕ СООБЩЕНИЕ

ABOUT THE APPLICATION OF STEGANOGRAPHIC METHODS FOR AUTHENTICATION OF SIGNALS CONTAINING VOICE MESSAGE

Е.Г. Жилияков, П.Г. Лихолоб, Я.В. Цыбина, Е.С. Лихогодина
E.G. Zhilyakov, P.G. Likholob, Ya.V. Sybina, E.S. Likhologodina

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

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru, Likholob@bsu.edu.ru, BakaJana@rambler.ru

Аннотация

В статье приведена обобщенная аддитивная модель стеганографического кодирования дополнительной информации и способ её декодирования. Описаны параметры кодирования, влияющие на обеспечение скрытности и достоверности декодирования информации. Рассмотрено применение стеганографической аддитивной модели кодирования для методов расширения спектра (SSp), дискретно-косинусной трансформации (DCT), оптимального субполосного внедрения (SubBand). При помощи результатов экспериментов показана зависимость скрытности кодируемой информации и достоверность её декодирования от выбора сигнально-кодовой конструкции (ССК). Даны рекомендации, описывающие возможность применения стеганографических алгоритмов для аутентификации сигналов, содержащих речевое сообщение.

Abstract

The article presents a generalized additive model of steganographic encoding of additional information and its method of decoding. The encoding options that effect on the providing of secrecy and the reliability of the decoding information is described. The use of additive steganography model of the encoding techniques spread spectrum (SSp), discrete-cosine transformation (DCT), optimal subband implementation (Subband) is considered. Using the results of the experiments shows the dependence of secrecy of the encoded information and the reliability of its decoding from a selection of signal-code constructions (SCC). Given recommendations, describes the possibility of applying steganographic algorithms for authentication signal that contains a voice message.

Ключевые слова: речь, кодирование, стеганография, метод расширения спектра, дискретно-косинусная трансформация, оптимальный субполосный метод, скрытность, достоверность, корреляция, среднее квадратическое отклонение, вероятность ошибки.

Keywords: speech, encoding, steganography, spread-spectrum method, discrete-cosine transformation, optimal subband implementation, secrecy, reliability, correlation, the standard deviation, the probability of error.

Введение

В настоящее время наблюдается интенсификация потоков, связанных с информационным обменом. Так как устная речь является одной из наиболее естественных для человека форм информационного обмена, то следует ожидать дальнейшего возрастания объемов хранимых и передаваемых речевых сообщений. В связи с этим возникает проблема обеспечения контроля за их использованием, и, в частности, обнаружение несанкционированных действий с речевыми сообщениями.

Под речевыми сообщениями в работе будем понимать фрагменты речевого сигнала, которые представляют собой результаты регистрации в дискретные моменты времени колебаний электрического тока на выходе микрофона \bar{x} [Zhilyakov E.G., 2015].

Со многих точек зрения контроль за использованием информационных потоков речевых данных целесообразно осуществлять в скрытном режиме, когда информация об этих процессах и соответствующих действиях доступна только определенному кругу лиц.

Иными словами, целесообразно воспользоваться принципом стеганографии, а в случае аудиоданных – цифровой стеганографией, когда исходные данные и информация контроля представляются в цифровой форме.

Контрольная информация может представлять собой сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы их представления.

Стеганографическое кодирование/декодирование дополнительной информации

Известно большое количество методов и алгоритмов, позволяющих скрытно кодировать дополнительную информацию в аудио-сигнал [Bender W., 1996; Fridrich, J., 2012; Cox I., 1997; Swanson M.D., et al., 1998; Ozer H., 2000; Iser B., 2008; Hicsonmez S., 2013; Жиляков Е.Г., 2015]. Наиболее широкое распространение получили стеганографические методы, основанные на суммировании исходного сигнала с взвешенной базисной функцией (в дискретном случае вектором):

$$\bar{y} = \bar{x} + e \cdot K \cdot \bar{\varphi}, \quad (1)$$

где \bar{y} – вектор синтезированного сигнала $\bar{y} = (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_N)^T$; \bar{x} – вектор исходного сигнала $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N)^T$; e – кодируемая информация $e \in (-\infty, \infty)$; K – весовой коэффициент; $\bar{\varphi}$ – функция $\bar{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i, \dots, \varphi_N)^T$.

Схема стеганографического кодирования (1), предполагает, что известны все параметры и свойства внедряемой базисной функции, представленной вектором – $\bar{\varphi}$. Подразумевается, что внедряемый вектор $\bar{\varphi}$ той же размерности, что и исходный \bar{x} . Надо отметить необходимость удовлетворения ряда требований, предъявляемых к базисной функции, первые два из которых являются обязательными:

Требование 1. Все значения $\bar{\varphi}$ известны как при внедрении, так и при восстановлении, в некотором смысле его можно считать табличным, либо известна схема его формирования.

Требование 2. Для исходного отрезка \bar{x} и $\bar{\varphi}$ должно существовать линейное пространство со скалярным произведением:

$$\alpha = \langle \bar{x}, \bar{\varphi} \rangle = \sum_{i=1}^N x_i \cdot \varphi_i. \quad (2)$$

где α – результат скалярного произведения

Требование 3. Энергию функции $\bar{\varphi}$ можно нормировать к единице:

$$\|\bar{\varphi}\|^2 = \sum_{i=1}^N \varphi_i^2 = 1, \quad (3)$$

где φ_i – мгновенное значение функции $\bar{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i, \dots, \varphi_N)^T$.

Естественно заметить, что в случае, когда энергия функции $\bar{\varphi}$ не равна единице, то прибегают к использованию коэффициента, обеспечивающего равенство энергии единице:

$$K_\varphi = 1/\|\bar{\varphi}\| = \left(\sum_{i=1}^N \varphi_i^2 \right)^{-1/2}, \quad (4)$$

где K_φ – нормирующий коэффициент.

Соответственно имеет место равенство:

$$\|K_{\varphi} \cdot \varphi\|^2 = \sum_{i=1}^N \left(K_{\varphi} \cdot \varphi_i \right)^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{\|\varphi\|} \cdot \varphi_i \right)^2 = 1. \tag{5}$$

Для упрощения изложения далее будем считать, что энергия базисной функции равна единице.

Требование 4. Вектор φ должен быть не коррелирован (ортогонален) с исходным внедряемым, т. е. необходимо выполнение равенства:

$$\beta = \langle \bar{x}, \varphi \rangle = \sum_{i=1}^N x_i \cdot \varphi_i = 0, \tag{6}$$

где β – результат скалярного произведения $\alpha \in (-\infty, \infty)$; $\langle \cdot, \cdot \rangle$ – операция скалярного произведения.

Одним из подходов для увеличения степени ортогональности отрезка \bar{x} к базисной функции φ является фильтрация вида:

$$\bar{c} = \bar{x} - \alpha \cdot \varphi, \tag{7}$$

где \bar{c} – синтезированный вектор (контейнер).

Результатом выполнения (6) будет уменьшение корреляции исходного отрезка с базисной функцией:

$$\langle \bar{c}, \varphi \rangle = 0. \tag{8}$$

С учетом выполнения вышеописанного, можно использовать операцию декодирования информации, осуществляемую на основе скалярного произведения синтезированного отрезка и базисной функции φ , т. е. используется соотношение вида:

$$\bar{\alpha} = \langle \bar{y}, \varphi \rangle = \sum_{i=1}^N y_i \cdot \varphi_i, \tag{9}$$

где $\bar{\alpha}$ – декодируемая информации $\alpha \in (-\infty, \infty)$.

Из декодируемой информации $\bar{\alpha}$ возможно восстановить исходную контрольную информацию [Жиляков Е.Г., 2015], путем сопоставления $\bar{\alpha}$ с областью допустимых значений, учитывая, что выполняется неравенство:

$$(\bar{\alpha})^2 > \varepsilon, \tag{10}$$

где ε – значение порога, определяющего близость к нулю вычисляемых значений.

Ниже на рис. 1 приведена обобщенная модель значений, принимаемых проекцией, на основе которой реализуются процедуры декодирования.

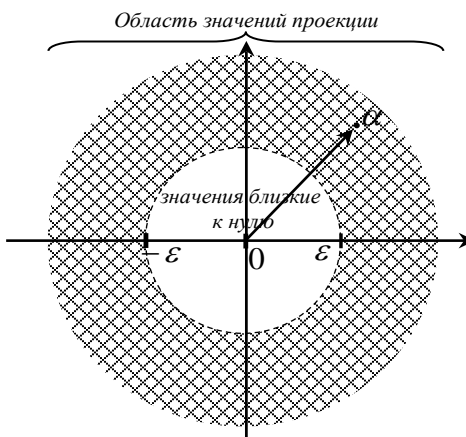


Рис. 1. Модель значений, принимаемых проекцией
 Fig. 1. Model of values taken by the projection

Далее для стеганографического кодирования будем рассматривать упрощенную схему, когда кодируется бит информации в соответствующем знаке $\tilde{\alpha}$:

$$\tilde{\alpha} = \text{sign}(\alpha) = \begin{cases} \tilde{\alpha} > \varepsilon, & 1 \\ \tilde{\alpha} < -\varepsilon, & -1 \end{cases} \quad (11)$$

где $\text{sign}(\)$ - операция выделения знака; $\tilde{\alpha}$ – декодируемый бит информации.

Необходимо отметить, что для построения упрощенной схемы стеганографического внедрения, когда знак скалярного произведения определяет кодируемый бит, изменяют подход к кодированию (1), соответственно:

$$\bar{y} = \tilde{\alpha} + e \cdot K \cdot K_{\varphi} \cdot \bar{\varphi} = \tilde{\alpha} + e \cdot |\alpha| \cdot K_{\varphi} \cdot \bar{\varphi} = \bar{x} - \alpha \cdot K_{\varphi} \cdot \bar{\varphi} + e \cdot |\alpha| \cdot K_{\varphi} \cdot \bar{\varphi} = \bar{x} + (e - \text{sign}(\alpha)) \cdot |\alpha| \cdot K_{\varphi} \cdot \bar{\varphi}. \quad (12)$$

Естественно заметить, что при использовании упрощенной схемы признаковым пространством кодирования является знак скалярного произведения отрезка и базисной функции. Для изменения знака осуществляется фильтрация базисной функции с удвоенной энергией, при совпадении исходного знака и кодируемого знака фильтрация не осуществляется. В выражении (12) учтено, что требование 4 в случае речевых данных никогда не выполняется, т. е. базисная функция, представленная вектором $\bar{\varphi}$, будет коррелирована с исходным отрезком \bar{x} . Степень корреляции базисной функции и исходного отрезка используется как коэффициент, определяющий энергию внедрения $\bar{\varphi}$. Иными словами, использован прием, описанный выражением (6), а в качестве коэффициента пропорциональности, определяющего энергию добавляемой базисной функции, используют результат скалярного произведения (7), это позволяет осуществить скрытное внедрение дополнительной информации, не изменяя в целом энергию исходного отрезка.

Среда кодирования

В качестве среды для стеганографического кодирования будем использовать речевые сигналы (РС), которые являются результатами регистрации значений электромагнитных колебаний на выходе микрофонов при воздействии акустических колебаний на их входах, возникающих в результате речевого обмена [Zhilyakov E.G., 2015].

В основе многих из разработанных подходов используются частотные представления. Стоит отметить, что порождаемые звуками речи отрезки РС обладают свойством концентрации энергии в достаточно «узких» полосах частотной оси (рис. 2).

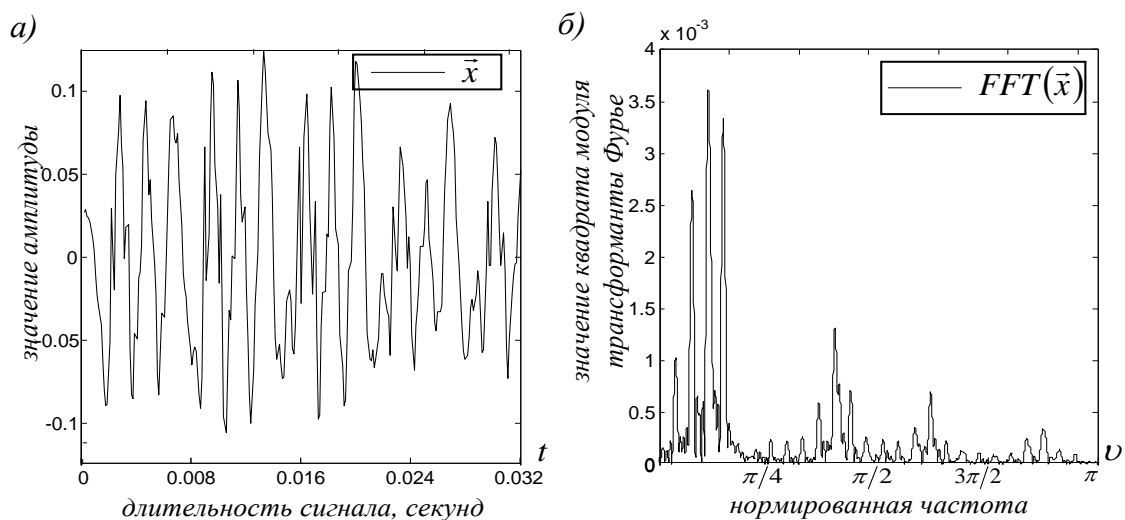


Рис. 2. Отрезок речевого сигнала, соответствующего звуку «а»

Fig. 2. A segment of speech signal corresponding to the sound "a"

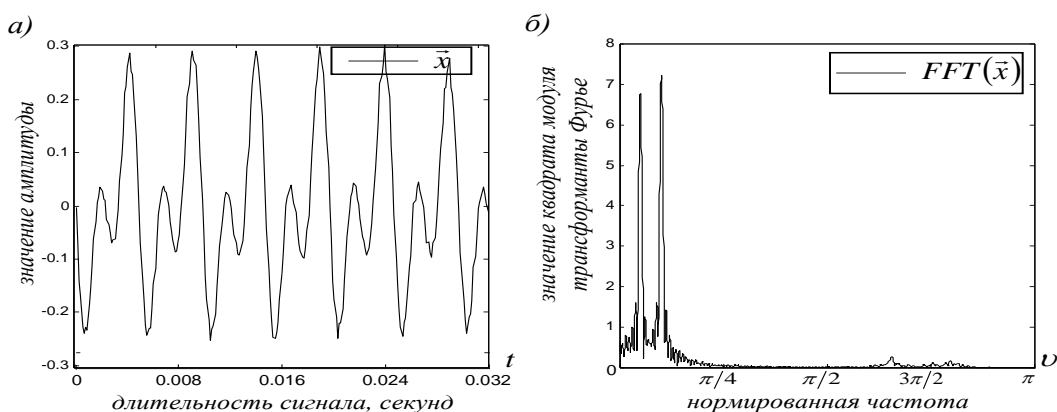


Рис. 3. Отрезок речевого сигнала, соответствующего звуку «и»
 Fig. 3. A segment of speech signal corresponding to the sound "e"

В связи с этим можно упомянуть рассматриваемое в литературных источниках разбиение частотной полосы на частотные интервалы [Zhilyakov E.G., 2015], которые опосредованно отражаются на частотных свойствах РС. Таким образом, адекватным подходом к обработке РС является субполосный анализ, когда их свойства соотносятся с некоторым разбиением оси частот на интервалы конечной ширины. Причем ввиду зависимости частотного распределения энергий от вида произносимого звука, анализу необходимо подвергать отрезки РС конечной длительности.

Метод расширения спектра

Рассмотрим метод стеганографического кодирования дополнительной информации, построенный на расширении спектра исходного отрезка [Cox I., 1997; Nedeljko Svejic, 2004].

$$\bar{y} = \bar{x} + e \cdot K \cdot \bar{u}, \tag{13}$$

где u – псевдослучайная последовательность $\bar{u} = (u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_N)^T$, описываемая нормальным законом распределения со значениями $u_i \in \{-1, 1\}$.

В методе расширения спектра в качестве базисной функции используют псевдослучайную последовательность (ПСП), представленную на рисунке 4.

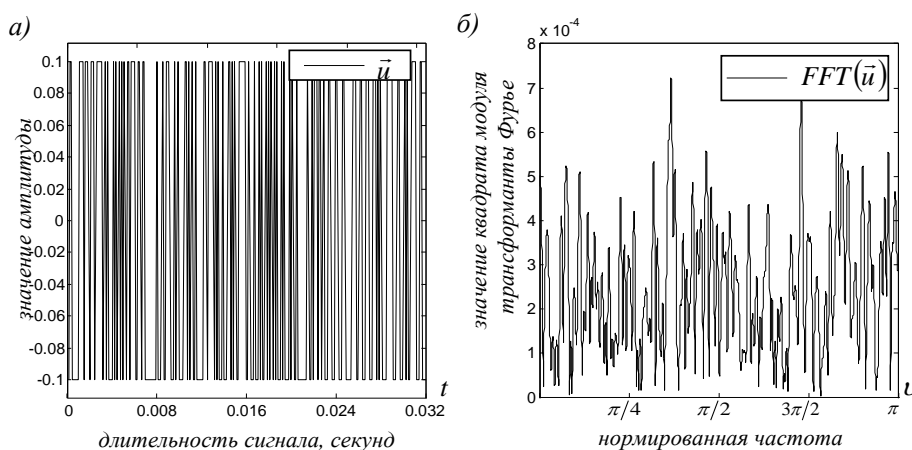


Рис. 4. Отрезок сигнала, соответствующего псевдослучайной последовательности
 Fig. 4. A segment of signal corresponding to the pseudo-random sequence

Модификация метода расширения спектра заключается в изменении базисной функции, которая является произведением гармонического сигнала на псевдослучайную последовательность [Грибунин, 2002; Жилияков Е.Г., 2015]:

$$\bar{\phi} = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_i, \dots, \phi_N)^T; \phi_i = u_i \cdot \cos(2\pi \cdot f_0 \cdot f_\Delta \cdot (i-1)); i = 1, 2, \dots, N, \tag{14}$$

где f_Δ – частота дискретизации; f_0 – центральная частота.

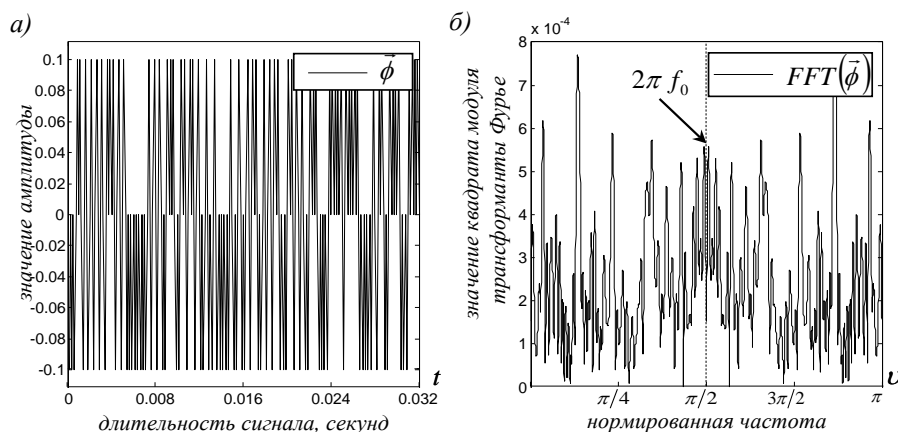


Рис. 5. Отрезок сигнала, соответствующего произведению псевдослучайной последовательности и гармонического сигнала

Fig. 5. A segment of signal corresponding to the multiplication of the pseudo-random sequence and the harmonic signal

Стеганографическое кодирование дополнительной информации модифицированным методом расширения спектра:

$$\bar{y} = \bar{x} + (e - \text{sign}(\alpha)) \cdot |\alpha| \cdot \bar{\phi}; \quad \alpha = \langle \bar{x}, \bar{\phi} \rangle. \quad (15)$$

Декодирование дополнительной информации, при условии, что при кодировании использовалась базисная функция вида (14):

$$\bar{z} = \text{sign}(\langle \bar{y}, \bar{\phi} \rangle) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^N y_i \cdot \phi_i \right). \quad (16)$$

Особенности использования стеганографического метода расширения спектра для кодирования дополнительной информации:

- изменения происходят во всем частотном диапазоне, что не учитывает природу сигнала;
- для восстановления декодированной информации необходимо хранить данные для восстановления ПСП;
- из рассмотренных методов обладает наименьшей емкостью.

Метод дискретно-косинусного внедрения

Рассмотрим один из распространённых методов стеганографического кодирования использующий прямое разложение отрезка аудио-сигнала \bar{x} , на DCT-коэффициенты вида [Malvar H. S., 1992]:

$$\alpha_1 = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (17)$$

$$\alpha_k = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \cdot \cos \left(\frac{(2i+1) \cdot k \cdot \pi}{2N} \right); \quad k = 2, 3, \dots, N. \quad (18)$$

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k, \dots, \alpha_N)^T, \quad (19)$$

где x_i – значение амплитуды сигнала $x_i \in \bar{x}$; m – номер DCT-коэффициента; α_k – DCT-коэффициент $k = 0, 1, \dots, (N-1)$.

Кодирование осуществляется путем замены знака коэффициента разложения:

$$\tilde{\alpha}_k = \text{sign}(e) \cdot |\alpha_k|; \quad k \in \{1, 2, \dots, (N-1)\}; \quad \tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, e \cdot |\alpha_k|, \dots, \alpha_N)^T = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \tilde{\alpha}_k, \dots, \alpha_N)^T \quad (20)$$

так как гармонический сигнал можно представить в виде вектора (функция и спектр гармонического сигнала приведены на рисунке 6.):

$$\bar{g} = (g_1, g_2, \dots, g_i, \dots, g_N)^T, \quad g_i = \cos \left(\frac{2 \cdot i \cdot k \cdot \pi}{2 \cdot N} \right); \quad i = 0, 1, \dots, (N-1); \quad k \in \{1, 2, \dots, (N-1)\}. \quad (21)$$

то кодирование можно осуществить путем использования соотношения:

$$\bar{y} = \bar{x} + (e - \text{sign}(\alpha)) \cdot |\alpha| \cdot \bar{g}, \quad \alpha = \langle \bar{x}, \bar{g} \rangle. \tag{22}$$

в котором в качестве базисной функции используют гармонический сигнал, представленный на рисунке 6.

Декодирование дополнительной информации, при условии, что при кодировании использовалось дискретно-косинусная трансформация для коэффициента $k \in \{1, 2, \dots, (N-1)\}$, осуществляется следующим образом:

$$\bar{z} = \text{sign} \left(\frac{2}{N} \sum_{i=2}^N x_i \cdot \cos \left(\frac{i \cdot k \cdot \pi}{N} \right) \right). \tag{23}$$

Особенности использования стеганографического метода кодирования дополнительной информации, основанного на дискретно-косинусной трансформации:

- изменение происходит на строго определённых частотах;
- пространство кодирования меньше, чем у рассматриваемых методов, и зависит от длительности отрезка, что облегчает разрушение дополнительной информации;
- ёмкость зависит от свойств сигнала и выбранной психоакустической модели.

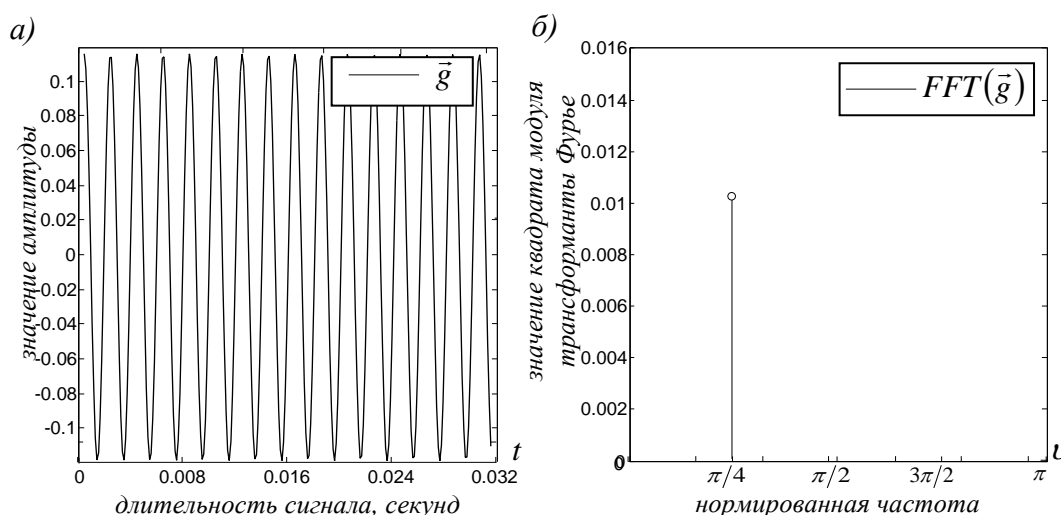


Рис. 6. Отрезок, соответствующий гармоническому сигналу

Fig. 6. Interval corresponding to the harmonic signal

Оптимальный субполосный метод

Субполосная матрица A_r симметрична и положительно определена, поэтому для неё можно найти N собственных векторов и соответствующих им собственных чисел [Zhilyakov E.G., 2015]:

$$\text{diag}(\lambda_k) \cdot \bar{q}_k = A_r \cdot \bar{q}_k; \quad k = 1, 2, \dots, N, \tag{24}$$

где \bar{q}_k – собственный вектор субполосной матрицы A_r ; λ_k – собственное число, соответствующее \bar{q}_k собственному вектору субполосной матрицы, принимающее значение: $0 < \lambda_k \leq 1$.

Важным свойством собственных векторов субполосной матрицы, найденных для одной субполосы, можно отнести условие ортонормальности:

$$\langle \bar{q}_i, \bar{q}_k \rangle = \begin{cases} 1, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}; \quad i, k \in \{1, 2, \dots, N\}, \tag{25}$$

в котором в качестве базисной функции используют собственный вектор субполосной матрицы, представленный на рисунке 7.

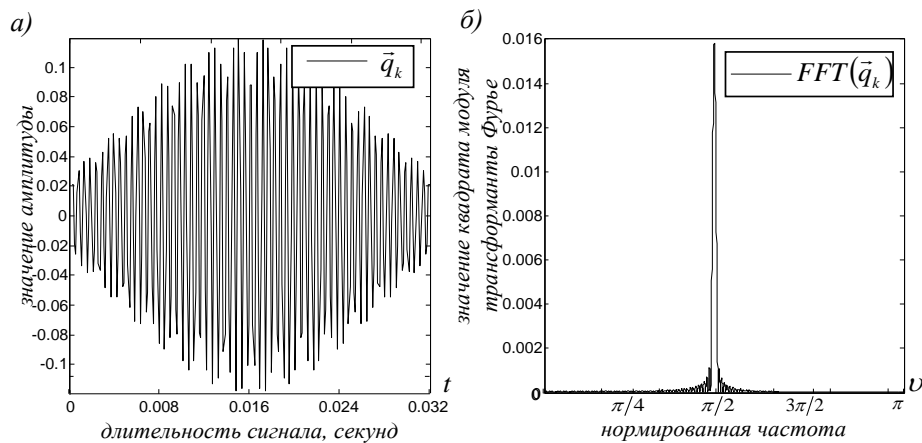


Рис. 7. Отрезок сигнала, соответствующего псевдослучайной последовательности
 Fig. 7. A segment of signal corresponding to the pseudo-random sequence

Стеганографическое кодирование дополнительной информации модифицированным методом расширения спектра:

$$\bar{y} = \bar{x} + (e - \text{sign}(\alpha)) \cdot |\alpha| \cdot \bar{q}_k, \quad \alpha = \langle \bar{x}, \bar{q}_k \rangle. \quad (26)$$

Декодирование дополнительной информации, при условии, что при кодировании использовалась базисная функция вида (14):

$$\bar{z} = \text{sign}(\langle \bar{y}, \bar{q}_k \rangle) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^N y(i) \cdot q_k(i) \right). \quad (27)$$

Особенности использования стеганографического субполосного метода кодирования дополнительной информации:

- во время кодирования и декодирования необходимо детектировать паузы или частотные компоненты, содержащие энергию, при кодировании в которую восстановление информации не происходит;
- для оптимального кодирования необходима своя психоакустическая модель;
- необходимы решающие правила для выбора центральной частоты и ширины частотного интервала.

Подходы к оценке работоспособности методов

Мера, отражающая абсолютное изменение энергии отрезков во временной области (*mean square error*), [Vercoe B.L. 1995; Iser B., 2008]:

$$MSE = \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2. \quad (28)$$

Оценка, определяющая порядок изменения энергии по отношению к общей энергии исходного сигнала (*signal-to-noise ratio – SNR*) [Vercoe B.L. 1995; Iser B., 2008]:

$$SNR = 10 \cdot \log_{10} \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}. \quad (29)$$

Степень структурной схожести синтезированного и исходного отрезка оценим с использованием корреляции ρ [Vercoe B.L. 1995; Furui, Sadaoki. 2000; Iser B., 2008]:

$$\rho = \frac{\left(\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}) \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (30)$$



Нормированное среднеквадратическое отклонение [Жиляков, Е.Г., 2014]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - k \cdot y_i)^2}{\sum_{i=1}^N x_i^2}}; k = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^N x_i^2}. \tag{31}$$

Вероятность ошибки (bit error rate) [Vercoe B.L. 1995; ; Iser B., 2008]:

$$BER = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (((\text{sign}(e_m) + 1) / 2) \oplus ((\text{sign}(z_m) + 1) / 2)). \tag{32}$$

где M - количество кодируемых бит; \oplus - операция «сумма по модулю два».

Вычислительные эксперименты

Для проверки работоспособности методов использовались фрагменты аудиосигнала с частотой дискретизации 8 кГц и разрядностью 16 бит [ГОСТ 16600-72]. Общая длительность речевого материала составила 23 минуты, с длительностью 0,032 с., (из материала были исключены отрезки, соответствующие паузе). В результате моделирования было внедрено 10^9 бит, результаты моделирования представлены в таблице.

Таблица
Table

Оценка работоспособности методов
Performance evaluation methods

Стеганографический метод	MSE	SNR	ρ	σ	BER	V , бит/с
Метод расширения спектра (SSp), [Cox I., 1997]	0.152	20.3	0.873	0.015	0.31	32
Модифицированный метод расширения спектра (SSp), [Грибунин В.Г., 2002]	0.011	37.4	0.992	$0.1 \cdot 10^{-3}$	$3.2 \cdot 10^{-4}$	32
Метод дискретно-косинусной трансформации (DCT), [Bender W., 1996]	0.030	50.1	0.987	$1.1 \cdot 10^{-16}$	$2.1 \cdot 10^{-6}$	128
Субполосный метод, (SubBand), [Жиляков, 2015]	0.03	47.5	0.993	$1.2 \cdot 10^{-16}$	$3.2 \cdot 10^{-6}$	218

Заключение

Методы стеганографии базируются на математическом аппарате и соответствующей психоакустической модели, разработанной для данного математического аппарата. В процессе исследований были выявлены преимущества и несовершенства методов и подходов стеганографического кодирования.

Стоит отметить, что важным моментом использования алгоритмов стеганографического кодирования дополнительной информации является обеспечение скрытности (характеризуемой мерами MSE , SNR , ρ , σ) при достоверности её восстановления, характеризуемой вероятностью ошибки (BER). Выполнение требований скрытности и достоверности напрямую сопряжено с использованием базисных функций, которые должны учитывать время-частотную структуру исходных сигналов. Выбор базисной функции определяет вид искажений в синтезируемом сигнале. Степень коррелированности исходного сигнала и базисной функции влияет на возможность безошибочного декодирования и скрытность. Следующим этапом, после выбора базисных функций, является разработка принципов определения весового коэффициента (1). Значение весового коэффициента определяет величину искажений, вызываемых в синтезируемом сигнале. Завершающим этапом является определение области допустимых значений, которые может принимать декодируемая информация и, соответственно, в совокупности с вышеописанным влияет на однозначность восстановления кодируемой информации, при этом наиболее часто используют подход (10).

Методы стеганографии, базирующиеся на расширении спектра, не позволяют адекватно использовать частотные свойства речевого сигнала. Под адекватностью в данном случае понимается внесение изменений в строго выделенной частотной полосе. Как известно, речевые сигналы сосредоточены в узкой полосе (рис. 2 и рис. 3), поэтому адекватное кодирование и выбор полосы является важным моментом.

После проведенного анализа реализованных методов стеганографии, с учетом того, что в коммерческих организациях существенную долю оперативно передаваемой информации составляют речевые сообщения, авторами сделан вывод о том, что наиболее приемлемыми методами аутентификации речевого сообщения являются методы, базирующиеся на субполосном синтезе и DCT-преобразовании. Стоит отметить, что методы, построенные на субполосном синтезе, имеют большую в шесть раз пропускную способность по сравнению с методами дискретно-косинусной трансформации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-07-01570-а.

Список литературы References

1. ГОСТ 16600-72. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений [Звукозапись] / ГОСТ 16600-72; исп.: Д.И. Библев. Белгород: НИУ БелГУ, 2016. 1380 сек. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/312167036_Recording_Gost_16600-72 DOI: 10.13140/RG.2.2.33677.74720

GOST 16600-72. Peredacha rechi po traktam radiotelefonnoj svyazi. Trebovaniya k razborchivosti rechi i metody artikulyacionnyh izmerenij [Zvukozapis'] / GOST 16600-72; isp.: D.I. Biblev. – Belgorod: NIU BelGU, 2016. 1380 sek. URL: https://www.researchgate.net/publication/312167036_Recording_Gost_16600-72 DOI: 10.13140/RG.2.2.33677.74720

2. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В., 2002. Цифровая стеганография. Аспекты защиты. М., Солон-Пресс, 261.

Gribunin V.G., Okov I.N., Turintsev I.V., 2002. Tsifrovaya steganografiya. Aspektyi zaschityi. M., Solon-Press, 261.

3. Жилияков Е.Г., 2015. Оптимальные субполосные методы анализа и синтеза сигналов конечной длительности. Автоматика и телемеханика. М., Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Российской академии наук. Издательство "Наука, 4: 51-66.

Zhilyakov E.G., 2015. Optimalnyie subpolosnyie metodyi analiza i sinteza signalov konechnoy dlitelnosti. Avtomatika i telemehanika. M.: Akademicheskij nauchno-izdatelskiy, proizvodstvenno-poligraficheskij i knigoraspostranitelskiy tsentr Rossiyskoy akademii nauk. Izdatelstvo Nauka, 4: 51-66

4. Жилияков Е.Г., Пашинцев В.П., Белов С.П., Лихолоб П.Г., 2015. О методе скрытного кодирования контрольной информации в речевые данные. Инфокоммуникационные технологии. 13(3): 325-333.

Zhilyakov E.G., Pashincev V.P., Belov S.P., Likholob P.G., 2015. O metode skrytnogo kodirovaniya kontrol'noj informacii v rechevye dannye. Infokommunikacionnye tekhnologii. 13(3): 325-333. (Russian)

5. Жилияков Е.Г., Лихолоб П.Г., Медведева А.А., Прохоренко Е.Н., 2016. Исследование чувствительности некоторых мер качества скрытия информации в речевых сигналах. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 9(230): 174-179.

Zhilyakov E.G., Liholob P.G., Medvedeva A.A., Prohorenko E.N., 2016. Research of sensitivity of some measures quality assessment hidden information in the speech signal. Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]. 9(230): 174-179. (in Russian)

6. Жилияков Е.Г., Чадюк П.В., Иванов О.Н., 2014. Алгоритм субполосной фильтрации эмпирических данных Вопросы радиоэлектроники. Серия: Электронная и вычислительная техника М.: ОАО «ЦНИИ «Электроника». 2(4): 109-117.

Zhilyakov E.G., Chadyuk P.V., Ivanov O.N., 2014. Algoritm subpolosnoj fil'tracii ehmpiricheskikh dannyh. Voprosy radioehlektroniki. Seriya: EHlektronnaya i vychislitel'naya tekhnika. M.: ОАО «ЦНИИ «Электроника», 2(4): 109-117. (in Russian)



7. Bender W. et al. Techniques for data hiding. *IBM Syst. J.* 1996. 35(3.4): 313–336.
8. Cox I. J., Kilian J., Leighton F. T., Shamoon T., 1997. Secure spread spectrum watermarking for multimedia. *IEEE transactions on image processing.* 6(12): 1673-1687.
9. Fridrich J., 2012. Steganography in digital media: Principles, algorithms, and applications. *Steganography in Digital Media*, 1-441.
10. Furui, Sadaoki., 2000. Digital speech processing, synthesis, and recognition. 2nd ed., rev. and expanded.
11. Iser B., Schmidt G., Minker W., 2008. Bandwidth extension of speech signals. Springer Science & Business Media.
12. Malvar H.S., 1992. Signal processing with lapped transforms. Boston: Artech House.
13. Nedeljko Cvejic, Tapio Seppanen, 2004. Spread spectrum audio watermarking using frequency hopping and attack characterization. *Signal Processing* 84: 207-213.
14. Swanson M.D., Kobayashi M., Tewfik A.H. Multimedia data-embedding and watermarking technologies. *Proc. IEEE.* 1998. 86(6): 1064–1087.
15. Vercoe B.L. 1995. Csound: A Manual for the Audio-Processing System, MIT Media Lab, Cambridge.
16. Zhilyakov E.G. Belov S.P., Belov A.S. Firsova A.A., 2015, On the division of speech signals on homogeneous segments. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(24): 45271-45275.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Бородин А.И.** – доктор экономических наук, профессор РЭУ им. Г.В. Плеханова, кафедры финансового менеджмента.
г. Москва
- Грызунова Н.В.** – доктор экономических наук, профессор кафедры финансового менеджмента, Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова Россия.
г. Москва
- Калуцкая Н.А.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры учета, анализа и аудита, Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Киселева И.А.** – доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова.
г. Москва
- Кулигина С.В.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры учета, анализа и аудита, Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Лю Явэй** – аспирант кафедры менеджмента и маркетинга, Института управления, Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Московкин В.М.** – доктор экономических наук, профессор кафедры мировой экономики, Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Набиев Б.Г.** – преподаватель кафедры «Экономика и финансы», Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (Санкт-Петербургского филиала).
г. Санкт-Петербург
- Печенегина Т.А.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономика и финансы, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».
г. Пермь
- Подшивалова М.В.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы, денежное обращение и кредит», Высшей школы экономики и управления, Южно-Уральского государственного национального исследовательского университета.
г. Челябинск
- Радостева М.В.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры теории и практики управления, Московского государственного психолого-педагогического университета.
г. Москва
- Романова Н.В.** – кандидат экономических наук, зав. лабораторией, ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».
г. Донецк
- Стрельцова Е.Д.** – доктор экономических наук, профессор Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ), им. М.И. Платова.
г. Новочеркасск
- Усатова Л.В.** – доктор экономических наук, профессор кафедры учета, анализа и аудита, Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Фрумина С.В.** – кандидат экономических наук, доцент Департамента общественных финансов, Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.
г. Москва



- Акатьев Д.Ю.** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой математики и информатики Нижегородского государственного лингвистического университета им. Н.А. Добролюбова.
г. Нижний Новгород
- Басов О.О.** – кандидат технических наук, сотрудник Академии ФСО России.
г. Орел
- Белов А.С.** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Белов Ан.С.** – заведующий лабораторией кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Белов С.П.** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Болгова Е.В.** – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Ефимов Н.О.** – аспирант Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Жеребцов С.В.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения и нанотехнологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Жиляков Е.Г.** – доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, руководитель УНИК «Информационно-коммуникационные системы и технологии» Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Звягинцева А.В.** – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Коваленко А.Н.** – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Красильников В.В.** – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры материаловедения и нанотехнологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Лазарев С.А.** – кандидат экономических наук, заместитель директора по научной и инновационной деятельности Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Лихогодина Е.С.** – магистрант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Лихолоб П.Г.** – старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород



- Мамаева Г.А.** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры системного анализа и ИТ Санкт-Петербургского государственного технологического института (технический университет).
г. Санкт-Петербург
- Маторин С.И.** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Петина М.А.** – кандидат географических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Рачинский С.А.** – аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Романюк О.В.** – кандидат технических наук, сотрудник Академии ФСО России.
г. Орел
- Савченко В.В.** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры математики и информатики Нижегородского государственного лингвистического университета им. Н.А. Добролюбова.
г. Нижний Новгород
- Саитов И.А.** – доктор технических наук, профессор, сотрудник Академии ФСО России.
г. Орел
- Скрипина И.В.** – старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Сорокин А.П.** – аспирант АО «НИИВК» им. М.А. Карцева.
г. Москва
- Сорокин С.А.** – кандидат технических наук, главный конструктор АО «НИИВК» им. М.А. Карцева.
г. Москва
- Сорокина Е.С.** – старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Уманец С.В.** – ведущий инженер Белгородского филиала ПАО «Ростелеком».
г. Белгород
- Халимон В.И.** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры системного анализа и ИТ Санкт-Петербургского государственного технологического института (технический университет).
г. Санкт-Петербург
- Цыбина Я.В.** – студент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Черноморец А.А.** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Чудинов С.М.** – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, научный консультант генерального директора АО «НИИВК» им. М.А. Карцева.
г. Москва
- Шелковий Д.В.** – сотрудник Академии ФСО России.
г. Орел