№ 2 (223), вып. 37
Март 2016

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ
Белгородского государственного университета
Экономика Информатика

Основан в 1995 г.

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

Belgorod State University Scientific Bulletin
Economics Information technologies

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

Издатель:
НИУ «БелГУ»
Издательский дом «Белгород»
Адрес редакции, издателя, типографии: 308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

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

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

Выходит 4 раза в год.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ ЖУРНАЛА

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

А.А. Домашенко
Социальное развитие и капитальное инвестирование на основе бюджета муниципальных образований 5

К.В. Павлов, В.И. Ляшенко, Е.В. Котов
Методика оценки развития постиндустриальной и неоиндустриальной моделей модернизации на региональном уровне (на примере Донбасса Украины) 15

Р.Н. Великанский, Н.А. Силкина
Роль государственно-частного партнерства в развитии промышленно-образовательных кластеров в регионе 25

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Т.Л. Оганесян, Е.А. Григорьева, Е.В. Фоменко
Особенности конкурентной борьбы предприятий отрасли транспортного машиностроения в условиях ограниченной конкуренции 31

Г.Ю. Муравьева
Комплексный подход к определению длительности производственного цикла в отраслях с нештучным учетом выпускаемой продукции 38

Л.В. Объедкова, Т.В. Опейкина
Проблемы и возможности обучения персонала для предприятий аграрной отрасли Волгоградской области 42

МИРОВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

О.А. Москаленко, Е.Н. Петрушко, В.В. Шкилев
Таможенная служба как важнейший регулятор внешнеэкономической деятельности в целях обеспечения экономической безопасности государства 51

С.В. Шкиотов
Анализ эффектов создания таможенных союзов в экономической литературе 57

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И УСПЕШНЫЕ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ

А.М. Слинков
Мониторинг как управленческий процесс: принципы, методы, функции 63

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В.В. Румбешт
Анализ и синтез процедуры порождения кумулятивных последовательностей 71

Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова
О методе субполосной оптимальной интерполяции 81

Члены редколлегии

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»)

О.В. Иншаков, заслуженный деятель науки РФ, доктор экономических наук, профессор (Волгоградский государственный университет)

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

Н.И. Корсунов, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

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

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

О.П. Овчинникова, доктор экономических наук, профессор (Севастопольский филиал «РЭУ им. Г.В. Плеханова»)

Э. Полтон, доктор экономических наук, профессор (Университет Святого Георгия, Лондон)

Понятовска–Якш М., доктор экономики, профессор (Варшавская высшая школа экономики, Польша)

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

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

Редактор *А. Оберемок*

Оригинал-макет *А.Е. Винник, Е.В. Болгова*

Подписано в печать 30.03.2016
Формат 60×84/8
Гарнитура Georgia, Impact
Усл. п. л. 24,1
Заказ 75
Цена свободная
Тираж 1000 экз.
Дата выхода 31.03.2016

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 18078

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

Д.С. Батищев, В.М. Михелев
Инфраструктура высокопроизводительной компьютерной системы для реализации облачных сервисов хранения и анализа данных персональной медицины **88**

А.В. Звягинцева
О вероятностном анализе данных наблюдений о состоянии природно-антропогенных систем в многомерных пространствах **93**

П.В. Васильев, В.М. Михелев, Д.В. Петров
Применение параллельного алгоритма плавающего конуса для решения задачи поиска предельных границ карьеров **101**

С.И. Маторин, М.В. Михелев
Применение алгебраического аппарата для эффективного моделирования бизнес процессов **108**

А.А. Черноморец, Е.В. Болгова, Д.А. Черноморец, А.В. Болгова
Об оценке эффективности метода прогнозирования на основе косинусного преобразования **114**

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

А.А. Кондратенко, С.И. Маторин
Формальные аспекты взаимосвязи УФО-подхода и языка представления онтологий RDF **119**

С.С. Федоров
Определение времени принятия решения в алгоритме управления системой многоконтурного теплоснабжения **128**

А.В. Майстренко, Н.В. Майстренко
Поиск областей допустимых управляющих воздействий процесса диазотирования **133**

А.И. Мотиенко
Планирование тактической траектории движения автоматизированных робототехнических средств при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций **139**

В.В. Ломакин, Р.Г. Асадуллаев, А.В. Кисиленко
Методика оценки социальной безопасности с учетом техногенных факторов риска **144**

О.М. Пигнастый
Анализ принципов и методов построения систем управления производственным процессом **152**

О.А. Иващук, А.В. Землякова, Н.В. Щербинина, С.П. Петров, Ж.А. Буряк, В.И. Федоров, Д.В. Богат
Электронная модель схемы обращения с отходами **162**

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Е.Г. Жиляков, П.Г. Лихолоб, А.В. Курлов, А.А. Медведева
Об однозначности определения идентификационно-значимой частотной полосы в звуках русской речи, подверженных влиянию шума **167**

А.Д. Буханцов, И.В. Дружкова
О модификации алгоритма MD5 ..... **174**

С.И. Саитов, М.В. Носов, О.О. Басов
Частные задачи оптимизации функциональных характеристик полимодальных инфокоммуникационных систем **178**

Е.Г. Жиляков, Т.Н. Балабанова, Е.С. Лихогодина, П.Г. Лихолоб
Технология скрытного кодирования геоданных в снимках земной поверхности **182**

Сведения об авторах **190**

© Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2016

№ 2 (223), Issue 37
March 2016

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

Belgorod State University Scientific Bulletin

Economics Information technologies

Founded in 1995

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

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ Белгородского государственного университета

Экономика Информатика

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

Publisher:
Belgorod State National Research University
Belgorod Publishing House

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

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

Mass media registration certificate
ПИ № ФС 77-63052 September 10, 2015
Publication frequency: 4 /year

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-chief
O.N. Poluchin,
Rector of Belgorod State National Research University, doctor of political sciences, professor

Deputy editor-in-chief
I.S. Konstantinov,
Vice-Rector on Scientific and Innovative Work of Belgorod State National Research University, doctor of technical sciences, professor

Scientific Editor
V.M. Moskovkin,
professor of World Economy Department of Belgorod State National Research University, doctor of geographical sciences

O.V. Shevchenko,
Deputy Head of Scientific and Innovative Activity Department of Belgorod State National Research University, candidate of historical sciences

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES

Deputies of chief editor:

E.G. Zhilyakov,
doctor of technical sciences, professor (Belgorod State National Research University)

O.A. Lomovtseva,
doctor of economical sciences, professor (Belgorod State National Research University)

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

CONTENTS

REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

A.A. Domashenko
Municipal budget social development and capital financing 5

K.V. Pavlov, V.I. Lyashenko, E.V. Kotov
Methodology and evaluation of postindustrial neo-industrial model of modernization at the regional level (on the example of Ukraine Donbass) 15

R.N. Velikanskiy, N.A. Silkina
The role of public-private partnership in the development of industrial-educational clusters in the region 25

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

L.L. Oganesyan, E.A. Grigorieva, E.V. Fomenko
Features of the competitive transport engineering companies in the limited competition 31

G.Yu. Muraveva
An integrated approach to the determination of the duration of the production cycle in industries with nestucca based manufactured products 38

L.V. Obedkova, T.V. Opeykina
Problems and possibilities of the personnel's training for the enterprises of an agrarian branch of the Volgograd region 42

GLOBAL ECONOMIC INTEGRATION

O.A. Moskalenko, E.N. Petrushko, V.V. Shkilyov
Customs service as the most important regulator of foreign economic activities to ensure economic security of the state 51

S.V. Shkiotov
Analysis of the effects of the customs union creation in the economic literature 57

THEORETICAL MODELS AND SUCCESSFUL MANAGEMENT PRACTICES

A.M. Slinkov
The monitoring as management process: principles, methods and functions 63

COMPUTER SIMULATION HISTORY

V.V. Rumbesht
Analysis and synthesis procedures for the generation of cumulative sequences 71

E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova
Method subband optimal interpolation 81

Members of editorial board:
V.P. Volchkov, doctor of technical sciences, professor (Moscow Technical University of Communications and Informatics)

V.D. Dmitrienko, doctor of technical sciences, professor (Kharkov National Technical University)

O.V. Inshakov, Honoured Science Worker of Russian Federation, doctor of economical sciences, professor (Volgograd State University)

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

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

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

S.I. Matorin, doctor of technical sciences, professor (Belgorod State National Research University)

O.P. Ovchinnikova, doctor of economical sciences, professor (Sevastopol Branch of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov)

A. Polton, doctor of economical sciences, professor (St George`s University of London)

Małgorzata Poniatowska-Jaksch, doctor of economy, professor (Warsaw School of Economics, Poland)

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

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

Editor *A. Oberemok*

Dummy layout by *A.E. Vinnik, E.V. Bolgova*

Passed for printing 30.03.2016
Format 60×84/8
Typeface Georgia, Impact
Printer's sheets 24,1
Order 75
Circulation 1000 copies
Date of publishing: 31.03.2016

Subscription reference in The Russian Press common catalogue – 18078

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

D.S. Batishchev, V.M. Mikhelev
High-performance computer system infrastructure for cloud service implementation for storing and analyzing personal medical data **88**

A.V. Zviagintseva
About probabilistic analysis of observational data about the natural and antropogenic systems state in multidimensional spaces **93**

P.V. Vassiliev, V.M. Mikhelev, D.V. Petrov
Parallel floating cone algorithm for optimization of open pit limits **101**

S.I. Matorin, M.V. Mikhelev
Using algebraic apparatus for efficient modeling of business processes **108**

A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova, D.A. Chernomorets, A.V. Bolgova
On estimation of efficiency of prediction method based on cosine transformation **114**

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

A.A. Kondratenko, S.I. Matorin
The formal aspects of interrelation between ufo approach and RDF language of ontology representation **119**

S.S. Fedorov
Definition of time of decision-making in algorithm of management of system of multiple loop heat supply **128**

A.V. Maystrenko, N.V. Maystrenko
Search areas of accepTable control actions of the diazotization process ... **133**

A.I. Motienko
Planning tactical motion trajectories of automated robotic means during disaster relief **139**

V.V. Lomakin, R.G. Asadullaev, A.V. Kisilenko
Method of social security assessment with consideration of technogenic risk factors **144**

O.M. Pignasty
Analysis of the principles and methods of construction control systems of technological process **152**

O.A. Ivashuk, A.V. Zemlyakova, N.V. Shcherbinina, S.P. Petrov, Zh.A. Buryak, V.I. Fedorov, D.V. Bogat
Electronic model of the scheme of the address with waste **162**

INFORMATION TECHNOLOGIES AND TELECOMMUNICATION

E.G. Zhilyakov, P.G. Likholob, A.V. Kurlov, A.A. Medvedeva
On the uniqueness of certain identifying significant frequency bands in the sound russian speech exposed to noise **167**

A.D. Bukhantsov, I.V. Druzhkova
About modification of the MD5 algoritm **174**

S.I. Saitov, M.V. Nosov, O.O. Basov
Local optimization tasks of functional characteristics of polymodal communication systems **178**

E.G. Zhilyakov, T.N. Balabanova, E.S. Likhogodina, P.G. Likholob
Technology covert encoding of geodata in the images of the earth's surface **182**

Information about Authors **190**

© Belgorod National Research University, 2016

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 332.112

СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ И КАПИТАЛЬНОЕ ИНВЕСТИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ БЮДЖЕТА МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

MUNICIPAL BUDGET SOCIAL DEVELOPMENT AND CAPITAL FINANCING

А.А. Домашенко
A.A. Domashenko

Финансовый отдел администрации Урюпинского муниципального района Волгоградской области, Россия, 403110, Волгоградская обл., г. Урюпинск, пл. Ленина, 3

Finance department of Urupinsk district Administration, 3, sq. Lenin, Urupinsk, Volgograd reg., 403110, Russia
E-mail: tolik170@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются задачи органов местного самоуправления, связанные с социальным развитием территорий. Основной инструмент муниципалитетов – бюджет, который должен адекватно соответствовать полномочиям, предусмотренным законодательством и Конституцией. Проведенный анализ бюджета показывает наличие уверенного роста доходных источников и стабильно поддерживаемых пропорций расходов бюджета, указывающих на сильную социальную ориентацию бюджета. Капитальные вложения средств местных бюджетов также в высокой степени имеют социальную направленность. В работе рассмотрен процесс социального развития и капитального инвестирования, основными субъектами которого являются органы местного самоуправления. Обозначена роль органов местного самоуправления по финансированию особо важных инвестиционных проектов, а также базовые мероприятия и последовательность их реализации.

Resume. The article deals with local authorities, whose main task is the performance of their duties, to achieve social development areas. The main tool of municipalities - the budget, which should adequately match the empowerments provided by law and the Constitution. The analysis of the budget shows the presence of strong growth in revenue sources, and proportions of the budget expenditures, indicating a high social orientation of the budget. Capital expenditures of local budgets as highly socially inclusive. The paper shows a mechanism for social development and capital investment, the main subjects of which are Municipalities.

Ключевые слова: регион, региональная экономика, муниципальное образование, бюджетирование, реформирование местного самоуправления, распределение полномочий, межбюджетное регулирование, социальное развитие, бюджет развития, капитальные инвестиции.

Key words: region, regional economy, budgeting, municipal formations, realization of the Federal Law 131, municipal self-government reformation, empowerment division , distribution of authority, inter-budget relations.

Введение

Анализ системы местного самоуправления в Российской Федерации, построенной в результате многолетнего реформирования, выявляет острейшие проблемы функционирования муниципальных образований: с одной стороны, рост политического значения местного бюджета, с другой стороны, скудная финансовая база, недостаточная для реализации проектов социального развития и капитальных инвестиций в производство. Практически не прекращающееся перераспределение полномочий органов местного самоуправления также не способствует повышению эффективности работы органов местного самоуправления.

Постановка проблемы управления финансовым обеспечением процессов социального развития и капитального инвестирования в муниципальных образованиях не может быть продуктивна в отрыве от проблем агломерационного управления. Реализуя принципы бюджетного федерализма, в рамках поддержания идеи самодостаточного местного самоуправления и сообщества, невозможно

не видеть фактическое отсутствие не только подготовленной для этого ресурсной и методологической базы, но и адекватных, работающих моделей территориального и местного планирования и программирования. Методология местного самоуправления не соответствует реальным условиям выживания территорий различных масштабов и уровней.

Особую сложность представляет собой финансовое обеспечение вопросов местного значения по поддержанию и развитию социальной инфраструктуры территорий. В совокупности реализация функций региональной социальной инфраструктуры осуществляется ее субъектами (федеральными и региональными органами власти, предприятиями, гражданами). Особая роль принадлежит государству, поскольку оно активно участвует в производстве общественных услуг, способствует появлению положительных экстерналий, что обусловлено получением отсроченного во времени экономического эффекта от функционирования объектов социальной инфраструктуры [1]. Однако муниципальные бюджеты тоже несут на себе большую долю затрат и ответственности.

Как система, муниципальное образование обладает подвижными составляющими внутренней и внешней среды (демографической, миграционной, экономической и др.). Соответственно, возможность решения задач социально-экономического развития определяется его экономико-географическим потенциалом и сложившейся структурой экономики и социальной сферы [2].

Последние десять лет регулирование политики расходования бюджета сводится к попыткам реализации инструментов бюджетирования, ориентированного на результат, для повышения эффективности расходов, в частности, за счет повышения доступности и качества государственных и муниципальных услуг, централизации закупок и бюджетного планирования, энергетической эффективности, отказа от затрат, не являющихся необходимыми с точки зрения общественного блага, ограничения расходов на содержание аппарата управления органов местного самоуправления. При этом определяется, что рост качественных показателей должен сопровождаться количественным приростом оказываемых обществу услуг, доводимых муниципальных заданий, в том числе в электронной форме.

Составление и принятие бюджетов становится для муниципалитетов ежегодным тестом на прочность, в процессе которого производится оценка будущих и взвешивание потенциальных обязательств, оценка складывающихся рисков и расстановка приоритетов. Считаем, что из существенных причин разбалансированности бюджета, является обилие функций органов местного самоуправления, вытекающих из полномочий, закрепленных законодательством.

В рамках бюджетного и государственного реформирования органы местного самоуправления наделяются собственными ресурсами для социального развития территорий, которыми они могут свободно распоряжаться при исполнении своих обязанностей. Объем ресурсов, выделяемых органам местного самоуправления, должен адекватно соответствовать полномочиям, предусмотренным законодательством и Конституцией. А финансовые расходы местных бюджетов, имеющие высокую степень социальной направленности, должны в максимальной степени достигать целевых показателей государственных и муниципальных программ.

Результаты исследования

В наиболее общем смысле бюджет является формой образования и расходования денежных средств для обеспечения функций органов государственной власти и местного самоуправления [ст. 6, Бюджетный кодекс Российской Федерации]. Деление бюджета на уровни отражает сложившуюся структуру государственного устройства, приоритетов и векторов развития. По сути дела, доведение бюджетных расходов государства до граждан происходит на уровне местных бюджетов, что соответствует пониманию социальных инвестиций, предложенному О.А. Ломовцевой и С.Ю. Соболевой: «социальными инвестициями являются вложения материальных, финансовых, интеллектуальных и других активов, осуществляемые государством, предприятиями, общественными организациями, индивидуальными инвесторами в социальную сферу экономики, а также в программы развития персонала, поддержания местного сообщества, улучшения экологии и др., в результате которых происходит трансформация вложений в социальный капитал, приобретающий черты общественного блага и выражающийся в упрочнении общественных отношений, улучшении общественной жизни и качества совместной деятельности индивидов [1].

Процесс социального развития и капитального инвестирования в муниципальных образованиях можно определить как вложения различных видов ресурсов (финансовых, технических, организационных) в реализацию муниципальных программ, направленных на создание основных фондов муниципальных образований, используемых для оказания социально-значимых для общества услуг.

На практике это выливается в то, что именно на долю муниципалитетов приходится основная часть социальных расходов государства, «при этом их собственные налоговые источники не превышают и 10% от расходных обязательств. Соответствующие средства поступают в виде феде-

ральных трансфертов и (или) путем закрепления части федеральных налогов за муниципалитетами. Этих средств, правда, часто не хватает на решение соответствующих социальных проблем» [3]. Распределение доходов, установленное главой 9 Бюджетного кодекса, не позволяет в полной мере покрывать полномочия, определенные сельским поселениям (Федеральный закон № 131-ФЗ, ст. 14, 14.1), муниципальным районам (Федеральный закон № 131-ФЗ, ст. 15, 15.1), городским округам (Федеральный закон № 131-ФЗ, ст. 16, 16.1) [Федеральный Закон РФ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»].

Существующая проблематика распределения полномочий, обязательств и доходов между уровнями власти была актуальна еще в период действия Федерального Закона Российской Федерации от 28 августа 1995 года № 154-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», и остается актуальной в настоящее время. Федеральный Закон РФ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» от 6 октября 2003 года № 131-ФЗ имел на момент ввода в действие множество концептуальных отличий от предыдущего закона, которые, как показало время, были недостаточными.

За 12 лет действия Федерального закона № 131-ФЗ законодательство было дополнено новыми формами муниципальных образований, произошло значительное расширение полномочий органов местного самоуправления по решению вопросов местного значения (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Анализ полномочий органов местного самоуправления, закрепленных Федеральным Законом № 131-ФЗ
The Federal Law 131-FZ empowerment division analytic

Вид муниципального образования	Количество полномочий муниципальных образований закрепленных Федеральным Законом № 131-ФЗ	
	в первоначальной редакции	в редакции на 01.01.2015г. (за исключением утративших силу)
Городское, сельское поселение	22	39 (34)
Муниципальный район	20	36 (32)
Городской округ	27	43 (38)
Внутригородской район	-	13

Интересной особенностью деления муниципальных образований можно назвать вхождение городских и сельских поселений в муниципальный район, а внутригородских районов - в городской округ при консолидации бюджетных расходов. Подобное представление отчасти отражает социально-экономическую связь бюджета с конкретной территорией и перекликается со схемой муниципального и бюджетного устройства, имевшей место в период действия Федерального Закона Российской Федерации от 28 августа 1995 года № 154-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», когда расходы бюджета муниципальных районов включали в себя все расходы, а созданные Федеральным Законом № 131 бюджеты поселений были аналогичны сметам современных казенных учреждений.

Формирование расходов бюджетов всех уровней бюджетной системы Российской Федерации основывается на единой методологической базе и принципе минимальной бюджетной обеспеченности. В этой связи тенденции и динамика изменений структуры и темпов бюджетов относительно соизмеримы в муниципальных районах субъектов РФ. Для проведения анализа воспользуемся данными Урюпинского муниципального района Волгоградской области (далее – Урюпинский район).

Урюпинский район расположен в северо-западной части Волгоградской области, в 360 км от г. Волгограда. Урюпинский район по площади входит в десятку крупнейших районов области. Район занимает площадь 3,46 тыс. кв. км, с численностью населения на начало 2015 года 27,3 тыс. чел. На территории района расположено 25 сельских поселений, объединяющих 97 сельских населенных пунктов. Урюпинский муниципальный район среди муниципальных образований Волгоградской области характеризуется высоким уровнем сельскохозяйственного ресурсного потенциала, который позволяет при благоприятных внешних и внутренних факторах сохранять устойчивое развитие территории, экономическую, продовольственную, экологическую безопасность жизнедеятельности населения.

В целом за анализируемый период наблюдается положительная динамика доходной части консолидированного бюджета района. Налоговые доходы (табл. 2) имеют стабильные темпы роста. Наибольший удельный вес в поступлениях налогов занимает налог на доходы физических лиц, кроме него значимыми доходными статьями являются единый налог на вмененный доход, единый сельскохозяйственный налог, группа налогов на имущество, включающая налог на имущество физических лиц и земельный налог, а также два последних года акцизы на моторное топливо.

Таблица 2
Table 2

Анализ доходных ресурсов консолидированного бюджета Урюпинского района
The budget income sources analytics of Urupinsk district consolidated budget, 2006–2015

Фактические доходы (млн. руб.)	Годы									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 оценка
Налоговые и неналоговые доходы	48,72	81,14	93,84	114,02	111,52	122,75	156,99	180,55	240,95	221,20
Безвозмездные поступления	194,78	245,95	287,13	296,90	347,61	432,06	472,41	448,13	347,86	308,43
Итого	243,50	327,10	380,98	410,93	459,14	554,81	629,40	628,69	588,81	529,63

Сравнивая динамику поступления доходов в бюджет района (табл. 3) с накопленным уровнем инфляции [4], важно отметить уверенный опережающий рост сбора отдельных налогов, что особенно важно для бюджетообразующего налога, такого как НДФЛ. Это напрямую свидетельствует об увеличении общего фонда заработной платы в регионе, что вполне корреспондирует с уверенной динамикой отчислений по единому сельскохозяйственному налогу, прирост которого за последние четыре года был пятикратным (рис. 1).

Таблица 3
Table 3

Анализ поступлений налоговых доходов в консолидированный бюджет Урюпинского района 2006–2015 г.
The budget tax income analytics of Urupinsk district consolidated budget, 2006–2015

Фактические доходы (млн. руб.)	Годы									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 оценка
НДФЛ	31,21	50,79	60,38	73,25	70,89	81,24	98,00	110,93	137,61	121,25
Акцизы	-	-	-	-	-	-	-	-	30,51	20,38
ЕНВД	2,68	2,63	2,77	3,36	3,5	3,75	4,47	4,43	4,76	5 159,00
ЕСХН	0,61	0,49	3,25	1,09	1,93	2,06	4,57	8,36	12,36	23,25
Налоги на имущество*	5,26	10,92	12,44	18,14	18,11	12,84	21,75	22,75	27,89	27,21

*Примечание: налог на имущество физических лиц и земельный налог

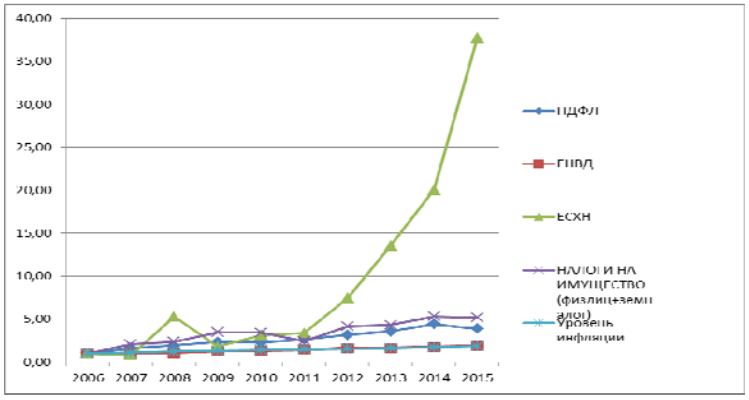


Рис. 1. Анализ динамики налоговых поступлений в бюджет Урюпинского района и уровня инфляции
Fig. 1. The analytics of Urupinsk district budget tax income and inflate rate

Неналоговые доходы (табл. 4) составляют около 10% собственных доходов района и, в основном, состоят из доходов от сдачи в аренду имущества, в частности, земли. Доходы от оказания услуг или компенсации затрат государства (платные услуги, оказываемые учреждениями, родитель-

ская плата за содержание ребенка в детских дошкольных общеобразовательных организациях) имеют положительную динамику. Выпадение части доходов по данному источнику с 2012 года связано с переходом учреждений здравоохранения на финансирование из вышестоящего уровня бюджета. Показатель доходов от продажи активов является одноразовым, поскольку поступление данного вида доходов сопровождается выбыванием из казны имущества.

Таблица 4
Table 4

Анализ поступления неналоговых доходов в консолидированный бюджет Урюпинского района 2006–2015г.
The budget non tax income analytics of Urupinsk district consolidated budget, 2006–2015

Фактические доходы (млн. руб.)	Годы									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 оценка
Государственная пошлина	0,75	1,01	1,17	1,08	2,18	1,21	0,31	0,33	0,34	0,37
Арендная плата	4,75	12,17	10,36	14,53	9,99	15,27	24,20	18,01	18,58	13,20
Плата за негативное воздействие на окружающую среду	1,29	0,90	1,18	1,19	1,16	0,75	0,95	0,85	0,73	0,86
Доходы от платных услуг		0,12	1,12	0,31	2,94	3,44	1,06	1,25	1,18	2,68
Доходы от продажи активов	-	-	0,05	0,28	0,05	0,77	0,40	11,75	4,14	3,03
Штрафы, санкции, возмещение ущерба	0,51	0,65	0,58	0,60	0,42	0,48	0,72	1,14	1,49	0,75
Прочие неналоговые доходы	0,39	0,23	0,07	-	-	-	-	0,10	0,01	-

Таблица 5
Table 5

Анализ поступления безвозмездных поступлений доходов в консолидированный бюджет Урюпинского района 2006–2015 г.
The inter-budget transfers analytics of Urupinsk district consolidated budget, 2006–2015

Фактические доходы (млн. руб.)	Годы									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 оценка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Безвозмездные поступления	194,78	245,95	287,13	296,90	347,61	432,06	472,41	448,13	347,86	308,43
Дотации	50,74	117,06	136,20	152,35	85,05	99,59	78,58	68,64	52,62	27,92
Субсидии бюджетам	10,54	48,68	52,06	17,15	124,02	174,63	155,44	204,37	84,40	88,21
в т.ч. на бюджетные инвестиции в объекты кап. строительства	-	31,09	25,66	4,91	33,34	56,43	80,22	136,76	8,78	8,29
в т.ч. на модернизацию региональных систем общего образования	-	4,64	3,56	4,35		4,55	15,69	9,01	-	-

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
прочие субсидии	9,52		20,90	6,12	87,51	110,10	58,60	57,20	72,39	79,92
Субвенции	132,91	126,75	152,89	174,90	165,06	154,03	235,33	171,36	210,22	191,97
в т.ч. на выполнение переданных полномочий	95,07	113,78	137,36	158,07	146,95	134,82	205,22	146,95	186,28	165,45
содержание ребенка в приемной семье	-	4,03	5 ,46	5,49	5,93	7,83	9,60	11,45	13,70	13,59

Структура безвозмездных поступлений указывает на планомерное снижение зависимости бюджетов района от дотации. Так их снижение к 2015 году относительно пикового показателя 2009 года произошло более, чем в пять раз. Суммы субсидий, сопровождающие исполнение районом государственных программ капитальных вложений в объекты газификации и реконструкции образовательных учреждений, в основном отражают суммы капитальных вложений, которые областной бюджет перечисляет на основании целевых ведомственных программ. Передаваемые субвенции, в свою очередь, отражают объем исполняемых муниципальным образованием государственных полномочий.

Анализируя показатели общей бюджетной обеспеченности по доходам на душу населения за ряд лет (табл. 6), можно отметить стабильный рост среднедушевых доходов.

Таблица 6
Table 6

Анализ общей бюджетной обеспеченности по доходам на душу населения в 2009–2014 г.
Budget endowment in Urupinsk district, 2009–2014

	Годы				
	2009	2010	2012	2013	2014
Всего доходов бюджета, тыс. руб.	410932,32	459142,89	629408,50	628690,64	588818,81
Численность населения, чел.*	28811	28775	28487	28013	27791
Среднедушевые доходы (руб./ чел.)	14,263	15,9563	22,0946	22,4428	21,1874

*Составлено с использованием источников [5–9].

Бюджет 2012–2015 гг. по расходам формировался и исполнялся в условиях новых механизмов финансового обеспечения муниципальных услуг, оказываемых на основе муниципальных заданий, программно-целевого принципа составления и исполнения бюджета, перераспределения полномочий.

Таблица 7
Table 7

Анализ расходов бюджета Урюпинского района за 2006–2015 г.
Analytics of budget expenditure in Urupinsk district, 2006–2015

Фактические расходы (млн. руб.)	Годы									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 оценка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Общегосударственные вопросы	40,98	66,32	71,44	81,55	90,01	105,45	112,06	120,74	117,09	115,32
Функционирование местных администраций	31,28	50,11	50,76	49,45	53,63	65,96	67, 14	67,90	65,42	70,14
Другие общегосударственные вопросы	1,76	4,53	4,77	13,51	16,61	16,19	20,11	26,60	24,14	19,76
Национальная оборона (военные учетные столы)	1,03	1,17	1,56	1,80	1,26	1,33	1,35	1,53	1,50	1,51

Окончание табл.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Национальная безопасность и правоохранительная деятельность. (в т.ч. пожарная безопасность)	1,69	1,30	2,71	0,23	0,71	2,82	2,65	1,77	2,38	3,27
Национальная экономика (в т.ч. с/х, дорожное хозяйство)	2,38	1,62	37,26	4,19	2,04	3,59	5,99	8,02	15,23	40,14
Жилищно-коммунальное хозяйство	5,94	44,97	59,73	24,37	67,11	67,82	90,21	163,10	38,87	55,07
Образование	82,39	107,19	146,34	192,18	189,05	222,08	51,50	249,06	271,70	269,84
Дошкольное	2,47	3,96	7,21	10,13	6,31	8,95	8,80	15,80	16,75	21,63
Общее	75,28	96,43	128,29	168,05	168,82	198,28	229 ,7 2	218 ,38	242 ,77	235,56
Культура и кинематография	20,05	24,46	39,65	43,49	39,21	46,19	51,16	56,56	51,19	60,43
Здравоохранение	26,94	34,27	45,68	56,23	60,49	80,54	77,08	1,00	9,00	
Социальная политика	5,20	9,16	14,02	16,30	13,96	23,26	29,24	26,07	30,17	35,52
Физическая культура и спорт	0,38	0,21	0,40	0,44	0,48	0,73	0,93	0,72	0,67	0,97
Средства массовой информации	0,04	-		0,59	-	0,57	0,53	0,49	0,58	0,60
ВСЕГО РАСХОДОВ	184,81	290,98	385,49	420,87	464,51	554,45	623,08	629,23	538,43	582,71

Анализируя общую структуру расходов бюджета района (табл. 6, рис. 2), следует отметить наличие следующих пропорций расходов (в среднем за анализируемый период): общегосударственные вопросы составляют порядка 20%; жилищно-коммунальное хозяйство – 12% (при пиковых значениях до 26%); благоустройство – 9%; образование – 42% (при пиковых значениях до 50%); культура – 9%; здравоохранение – 11% (при этом с 2012 полномочия по здравоохранению переданы на уровень субъекта РФ, а расходы 2014–2015 гг. осуществлялись в рамках соглашений о совместных действиях с областным бюджетом по капитальным вложениям); социальная политика – 6%. Таким образом, можно сделать вывод о высокой социальной ориентированности расходов районного бюджета.

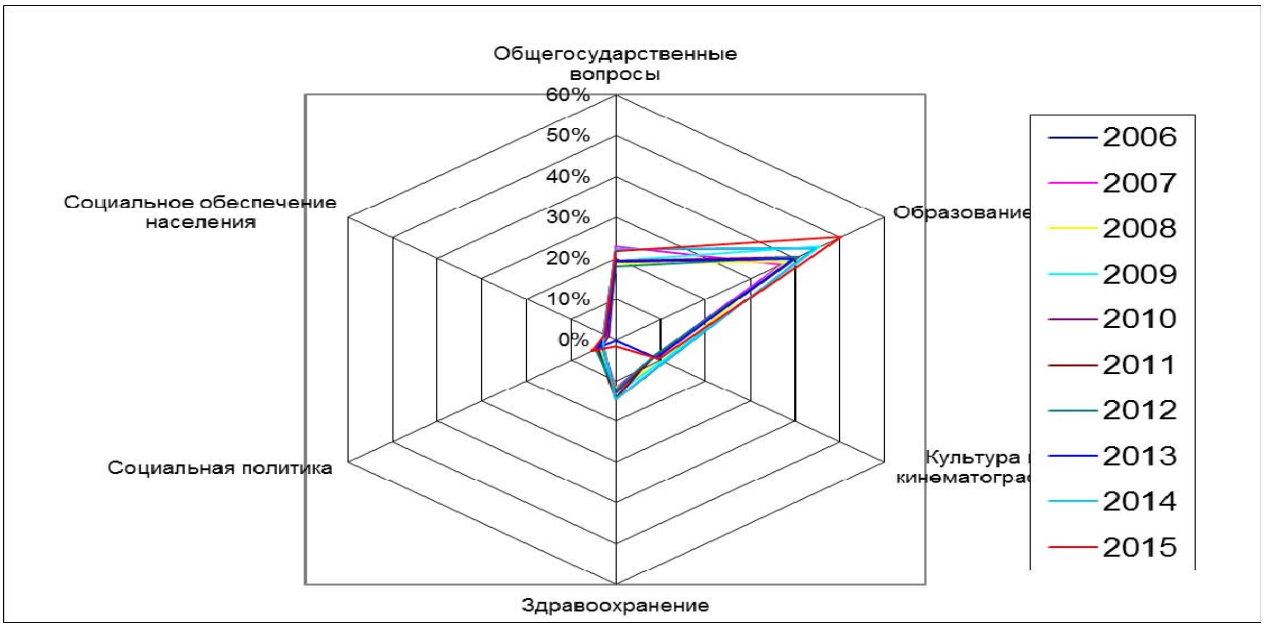


Рис. 2. Анализ основных сфер расходов бюджета Урюпинского района
Fig. 2. Analytics of main sphere budget expenditure in Urupinsk district

Из рис. 3 видна также положительная динамика сумм расходов бюджета.

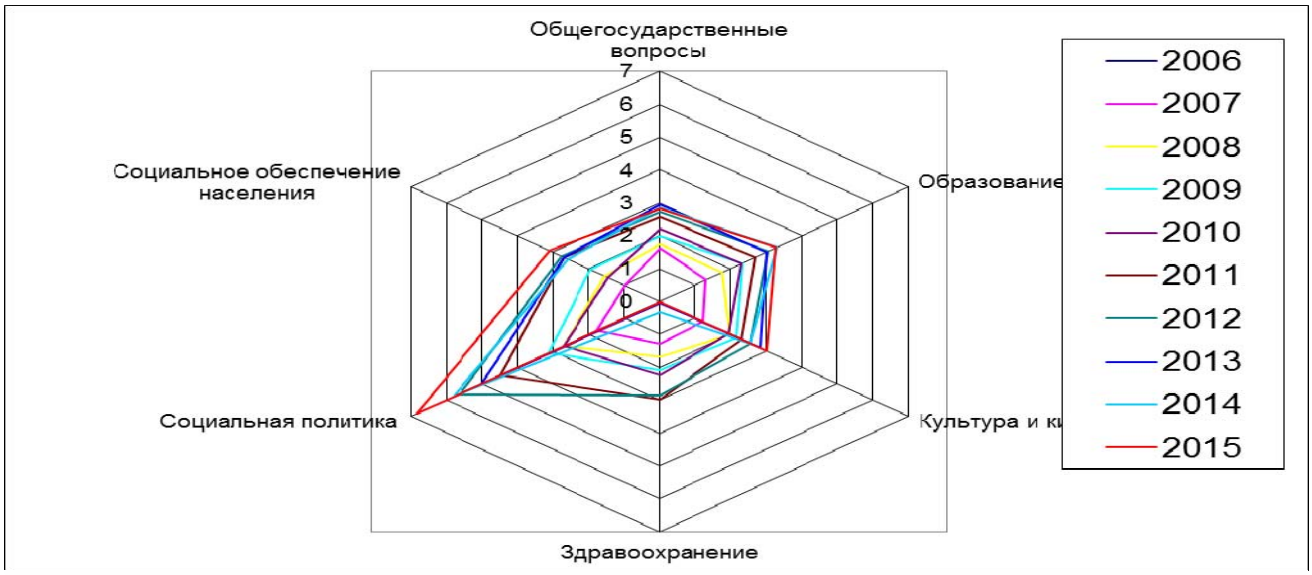


Рис. 3. Анализ динамики основных направлений расходов бюджета Урюпинского района
Fig. 3. Analytics of main sphere budget expenditure dynamic in Urupinsk district

В направлениях расходов проявляется четкая тенденция:

1) поддержание общей социальной направленности бюджетных расходов;

2) стремление к увеличению капитальных вложений в социально-востребованные объекты и объекты инфраструктуры.

В данном контексте местный бюджет приобретает отдельные черты федерального бюджета в части включения в свой состав элементов бюджета развития, который в составе федерального бюджета используется для кредитования, инвестирования и гарантийного обеспечения инвестиционных проектов [10]. При этом, учитывая стратегический аспект капитальных вложений, для проведения последовательной, долгосрочной политики бюджеты должны формироваться с учетом положений статьи 170.1 БК РФ [11], предусматривающей составление долгосрочного бюджетного прогноза основных характеристик бюджета, показателей финансового обеспечения программ на период их действия, а также основных подходов к формированию бюджетной политики на долгосрочный период. Включение долгосрочного бюджетного прогноза в состав сведений, необходимых для составления бюджета, подчеркивает стратегический характер бюджета на всех уровнях власти, вплоть до местного уровня бюджета. На местном уровне качественно составленные муниципальные программы, включенные в бюджет, становятся «бюджетами развития» муниципалитета, посредством которых органы местного самоуправления могут осуществлять финансирование особо важных инвестиционных проектов, отбираемых на конкурсной основе.

В подобном представлении органы местного самоуправления становятся основными субъектами процессов социального развития и капитального инвестирования, в которые вовлекаются затем некоммерческие, коммерческие и благотворительные организации, а также индивидуальные инвесторы. Роль муниципалитета состоит в следующем: выявление проблемных направлений; создание благоприятных условий для осуществления социального развития и капитального инвестирования; разработка и исполнение муниципальных программ; разработка и реализация программ совершенствования инфраструктуры муниципальных образований, согласованных с потенциальными инвесторами.

По сути, перечисленные действия являются функциями органов местного самоуправления, законодательно закрепленными в форме отдельных полномочий, позволяющих реализовывать социальное развитие и капитальное инвестирование в наиболее эффективной форме.

Заключение

Проведенный за ряд лет анализ позволил подчеркнуть важность участия государства и органов местного самоуправления в процессе социального развития и капитального инвестирования, реализуемого бюджетным сектором экономики. Сложившаяся традиционно структура расходов анализируемого муниципального района отражает значительную социальную направленность местного бюджета, поскольку именно на данном уровне происходит наиболее эффективное доведе-

ние государственных и муниципальных услуг до населения. Капитальные инвестиции в локальные объекты наиболее востребованы населением, что позволяет приравнивать местные бюджеты, сформированные на принципах долгосрочного бюджетного прогнозирования и программирования, к локальным бюджетам развития муниципалитетов, а сами органы местного самоуправления определять как основной субъект процесса социального развития и капитального инвестирования. Такой подход будет способствовать поддержанию экономического роста и повышению качества жизни населения за счет роста качества доведенных до населения муниципальных услуг.

Список литературы
References

1. Ломовцева О.А., Соболева С.Ю. 2009. Методологические аспекты сущности и измерения социальных инвестиций. Научные ведомости БелГУ. № 1 (56). Вып. 9, 213–219.

Lomovceva O.A., Soboleva S.Ju. 2009. Metodologicheskie aspekty sushhnosti i izmerenija social'nyh investicij [Methodological aspects of the essence and measurement of social investment]. Nauchnye vedomosti BELGU. № 1 (56). Vyp. 9, 213–219.

2. Воронин Ф.И., Ломовцева О.А. 2010. Факторы развития муниципальных образований. Сельские территории как фактор социально-экономического, правового и духовного развития региона: Материалы международной научно-практической конференции. Белгород: 168–171.

Voronin F.I., Lomovceva O.A. 2010. Faktory razvitija municipal'nyh obrazovanij. Sel'skie territorii kak faktor social'no-jekonomicheskigo, pravovogo i duhovnogo razvitija regiona: Mat-ly mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf [Factors of development of municipalities. Rural areas as a factor of socio-economic, legal and spiritual development of the region: Proceedings of the international scientific-practical conference]. Belgorod: 168–171

3. Баренбойм П.Д., Лафитский В.И., Мау В.А. и др. 2003. Конституционная экономика. – М.: 65.

Barenbojm P.D., Lafitskij V.I., Mau V.A. i dr. 2003. Konstitucionnaja jekonomika [The constitutional economy]. – M.: 65.

4. Уровень инфляции в Российской Федерации: таблица инфляции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://уровень-инфляции.рф/таблица_инфляции.aspx.

Uroven' infljacii v Rossijskoj Federacii: tablica infljacii [The inflation rate in the Russian Federation: the inflation Table] [Electronic resource]. - URL: http://уровень-инфляции.рф/таблица_инфляции.aspx.

5. Численность постоянного населения Российской Федерации по городам, поселкам городского типа и районам на 1 января 2009 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/B09_109/IssWWW.exe/Stg/d01/tabl-21-09.xls.

Chislennost' postojannogo naselenija Rossijskoj Federacii po gorodam, posjolkam gorodskogo tipa i rajonam na 1 janvarja 2009 goda [The permanent population of the Russian Federation for cities, towns and urban areas on January 1, 2009] [Electronic resource]. - URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/B09_109/IssWWW.exe/Stg/d01/tabl-21-09.xls.

6. Всероссийская перепись населения 2010 года. Численность населения городских округов, муниципальных районов, городских и сельских поселений, городских и сельских населенных пунктов Волгоградской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://volgastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/volgastat/resources/fb8a0f004fe3ed6b85a4edd8c740ec4f/t1_14.pdf.

Vserossijskaja perepis' naselenija 2010 goda. Chislennost' naselenija gorodskih okrugov, municipal'nyh rajonov, gorodskih i sel'skih poselenij, gorodskih i sel'skih naseljonnyh punktov Volgogradskoj oblasti [National Population Census 2010. The population of the city districts, mu-nicipal areas, urban and rural, urban and rural settlements of the Volgograd region] [Electronic resource]. - URL: http://volgastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/volgastat/resources/fb8a0f004fe3ed6b85a4edd8c740ec4f/t1_14.

7. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2012 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2012/bul_dr/mun_obr2012.rar.

Chislennost' naselenija Rossijskoj Federacii po municipal'nym obrazovanijam. Ocenka chislennosti postojannogo naselenija na 1 janvarja 2012 goda [The number of Russian population by municipalities. Assessment of resident population at January 1, 2012] [Electronic resource]. – URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2012/bul_dr/mun_obr2012.rar.

8. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2013 года. 2013. М.: Федеральная служба государственной статистики Росстат, 528. (Табл. 33. Численность населения городских округов, муниципальных районов, городских и сельских поселений, городских населенных пунктов, сельских населенных пунктов) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2013/bul_dr/mun_obr2013.rar.

Chislennost' naselenija Rossijskoj Federacii po municipal'nym obrazovanijam na 1 janvarja 2013 goda. 2013. M.: Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki Rosstat, 528. (Tabl. 33. Chislennost' naselenija gorodskih okrugov, municipal'nyh rajonov, gorodskih i sel'skih poselenij, gorodskih naseljonnyh punktov, sel'skih naseljonnyh punktov) [The population of the Russian Federation for municipalities as of January 1 of 2013. 2013. M .: Federal State Statistics Service, Rosstat, 528. (Table 33. The number of the population of urban districts, municipal districts, urban and rural areas, the second-urban population settlements and rural settlements)] [Electronic resource]. - URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2013/bul_dr/mun_obr2013.rar.

9. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2014 года. 2014. М.: Федеральная служба государственной статистики Росстат. (Табл. 33. Численность населения городских округов, муниципальных районов, городских и сельских поселений, городских населенных

пунктов, сельских населенных пунктов) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2014/bul_dr/mun_obr2014.rar.

Chislennost' naselenija Rossijskoj Federacii po municipal'nym obrazovanijam na 1 janvarja 2014 goda. 2014. M.: Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki Rosstat. (Tabl. 33. Chislennost' naselenija gorodskih okrugov, municipal'nyh rajonov, gorodskih i sel'skih poselenij, gorodskih naseljonnyh punktov, sel'skih naseljonnyh punktov) [The number of Russian population by municipalities as of January 1, 2014. 2014. M .: Federal State Statistics Service Rosstat. (Table 33. The number of of urban districts, municipal districts, urban and rural areas, urban areas, rural areas)] [Electronic resource]. - URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2014/bul_dr/mun_obr2014.rar.

10. О Бюджете развития Российской Федерации: Федеральный закон РФ от 26 ноября 1998 г. N 181-ФЗ.

O Bjudzhete razvitija Rossijskoj Federacii: Federal'nyj zakon RF ot 26 nojabrja 1998 g. N 181-FZ [On the Budget of the Russian Federation: the Federal Law of the Russian Federation on November 26, 1998, N 181-FZ].

11. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 N 145-ФЗ.). 1998. Собрание законодательства РФ. N 31, ст. 3823.

Bjudzhetnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 31.07.1998 N 145-FZ.). 1998. Sobranie zakonodatel'stva RF. [Budget Code of the Russian Federation of 31.07.1998 N 145-FZ.). 1998. Collection of legislative-ment of the Russian Federation]. N 31, st. 3823.

УДК 330.334

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОЙ И НЕОИНДУСТРИАЛЬНОЙ МОДЕЛЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ ДОНБАССА УКРАИНЫ)

METHODOLOGY AND EVALUATION OF POSTINDUSTRIAL NEO-INDUSTRIAL MODEL OF MODERNIZATION AT THE REGIONAL LEVEL (ON THE EXAMPLE OF UKRAINE DONBASS)

К.В. Павлов, В.И. Ляшенко, Е.В. Котов
K.V. Pavlov, V.I. Lyashenko, E.V. Kotov

НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», Россия, 423003, Республика Удмуртия, г. Ижевск, ул. им. Вадима Сивкова, 12а

Институт экономики промышленности НАН Украины, г. Донецк Украина, 01011, г. Киев, ул. Панаса Мирного, 26

«Kamsky Institute of Humanitarian and Engineering Technologie», Vadim Sivkova 12a st., Izhevsk, Republic of Udmurtia, 423003, Russia

Institute of Industrial Economics of National Academy of Sciences of Ukraine, Donetsk, St. Panas Mirny, 26, Kiev, 01011, Ukraine
E-mail: kvp_ruk@mail.ru, slaval@iep.donetsk.ua, kotovev@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается методический подход к оценке уровня развития постиндустриальной и неоиндустриальной моделей модернизации экономики в региональном аспекте на основе использования различных индикаторов. Предложенный методический подход апробирован на основе использования статистических материалов о развитии экономики регионов Донбасса. Стратегия развития областей Донбасса и их промышленных городов должна была бы строиться (при отсутствии военных действий на этой территории) на основе модели неоиндустриализации, предполагающей развитие сферы высокотехнологичной индустрии, автоматизации и компьютеризации производительных сил, замене физического труда умственным, что кардинальным образом поменяет характер труда и структуру трудового баланса данного макрорегиона. Развитию подлежат отрасли и сектора экономики, использующие достижения фундаментальной и прикладной науки, инженерной и конструкторской мысли для увеличения доли автоматизации, компьютеризации и машинизации рабочих мест, физического и умственного труда. Необходимо также уделить пристальное внимание изучению проблем получения агломерационного эффекта от взаимодействия городов и районов макрорегиона. Это касается развития вертикальных и горизонтальных механизмов использования возможностей городов-ядер, способных оказать положительное влияние на города-спутники в виде роста производственного и интеллектуального потенциалов, развития производственной и социальной инфраструктуры, становления новых перспективных отраслей производства городской агломерации.

Resume. In the article the methodical approach to the assessment of the level of development of neo-industrial and post-industrial model of economic modernization in the regional context through the use of different indicators. The proposed methodological approach was tested through the use of statistical data on the development of regional economy of Donbass. The development strategy of the areas of Donbass and the industrial cities had to be built (referring to the situation if there were no military operations in the area) based on the model neoindustrialization, involving the development of the sphere of high-tech industry, automation and computerization of the productive forces, replacing manual labor intellectual, that radically change the nature of work and the structure of the macro-labor balance. Development subject to the industry and sectors employing achieve fundamental and applied science, engineering, and design idea to increase the proportion of automation, computerization and mechanization of jobs, physical and mental labor. It is also necessary to pay close attention to the study of problems getting agglomeration effect on the interaction of cities and districts macro. It concerns the development of horizontal and vertical mechanisms for the use of city-core capabilities, can have a positive impact on the satellite towns in the form of increased production and intellectual potential, development of industrial and social infrastructure, the emergence of new promising industries metropolitan area.

Ключевые слова: региональный аспект, постиндустриальная и неоиндустриальная модернизация, методический подход, оценка уровня, индексы, города и районы.

Key words: regional aspect, neo-industrial and post-industrial modernization, methodical approach, assessment of the level, indexis, towns and regions.

В последнее время на постсоветском пространстве на разных уровнях управленческой иерархии все чаще говорят о необходимости осуществления модернизации и инновационного развития экономики. При этом следует учитывать, что модернизация может быть разных видов и форм. В частности, выделяют первичную, вторичную и интегрированную модернизацию [1]. Кроме этого, выделяют постиндустриальную и неоиндустриальную формы.

Под постиндустриальной модернизацией понимается переход от индустриального общества к обществу знаний. Эта концепция была разработана в 70-х годах прошлого столетия и до сих пор еще не утратила своей актуальности [2]. Ее сущность заключалась в том, что постиндустриальное общество характеризуется уровнем развития услуг, их преобладанием над всеми остальными видами хозяйственной деятельности в общем объеме ВВП и соответственно численностью занятых в этой сфере (до 90% работающего населения).

Неоиндустриальная модернизация отражает органичность взаиморазвития индустриализации и постиндустриализации в направлении к наукоемкому передовому производству. Данная концепция зародилась сравнительно недавно, хотя первые исследования на эту тему были начаты даже раньше исследований по проблемам постиндустриализации [3]. Одной из главных экономических черт, обозначенных в ней, является изменение структуры рабочего класса, а именно увеличение доли занятых умственным квалифицированным трудом. Однако, в отличие от концепции постиндустриального развития, основной задачей данной трансформации становится поддержание высоких темпов производства.

Еще одним важным аспектом постиндустриальной теории, охотно используемым в своих исследованиях современными неоиндустриалистами, является тезис о господстве крупных корпораций и постепенное их слияние с государством. На постсоветском пространстве идеи новой индустриализации активно продвигаются рядом авторов, в том числе С.С. Губановым [4]. По его мнению, именно неоиндустриализация в конечном итоге приведет к объединению корпораций с государством и созданию на их основе крупных вертикально-интегрированных государственных корпораций. В конечном итоге будет построен общественный строй, именуемый государственным капитализмом. Далее будет рассмотрен методический подход к оценке уровня модернизации в региональном аспекте.

В подготовленном Всемирным банком докладе о мировом развитии [5] утверждается, что некоторые регионы развиваются успешно благодаря территориальным изменениям, которые характеризуются тремя измерениями:

1) увеличение плотности, проявляющееся в росте городов;

2) сокращение расстояний по мере того, как работники и бизнес мигрируют ближе к узлам высокой экономической плотности;

3) снижение степени разобщенности (увеличение сплоченности) по мере того, как повышается проницаемость экономических границ и расширяются выходы на внешние, в том числе и мировые, рынки, чтобы воспользоваться преимуществами масштабного производства и специализации.

Исходя из данной концепции, любая стратегия развития региона должна решать три основные проблемы, связанные с урбанизацией, территориальным развитием и межрегиональной (международной) интеграцией.

Современная модель глобализации рассматривает мировую экономику как многоуровневую систему глобальных регионов и городов [6]. Верхний уровень составляет сеть "ворот в глобальный мир", которая представляет собой компактные территории «глобальных городов» - мегаполисов. Они, будучи в свое время старыми промышленными центрами, нынче выполняют функции транспортных узлов, финансовых центров, центров образования, науки и политического влияния, а также обеспечивают доступ к глобальной экономике обширным территориям, входящим в сферу их экономического и политического притяжения. В связи с этим, актуальной стратегической задачей развития старопромышленной территории становится вхождение в многоуровневые сети глобальных городов и регионов.

В течение полугода после принятия Государственной стратегии регионального развития до 2020 г. всем регионам Украины предстоит большая работа по разработке собственных стратегий. Аналогичные документы придется разрабатывать и городам с численностью населения более 50 тыс. чел. В связи с этим актуализируется задача оценки состояния и перспектив развития региона и городов, расположенных на его территории, с учетом современных вызовов социально-экономическому развитию. Результаты оценки лягут в основу целей и задач Стратегии развития территории и целевых программ по ее практической реализации.

Оценка потенциала развития территории покажет уровень его зависимости от качества и скорости происходящих социально-экономических процессов и отношений. Поэтому стратегия развития территории должна строиться с учетом уже произошедших изменений, включать в себя инструменты и механизмы управления ими и ускорения процессов модернизации в соответствии с целями и приоритетами территориального развития [7].

В данном исследовании авторы предприняли попытку оценить процессы модернизации отдельных городов Луганской области в контексте постиндустриального и неоиндустриального развития. Эти концепции социально-экономического развития доминируют в государственной политике многих стран мира, конкурируя между собой и определяя развитие отдельных из них. Так, стратегия развития промышленности Европейского Союза построена на базе неоиндустриальной концепции. В марте 2010 г. в ЕС была принята новая европейская стратегия экономического развития – «Европа 2020: Стратегия разумного, устойчивого и интегрирующего роста». Один из ее разделов посвящен проблемам формирования и реализации новой промышленной политики Европы в условиях глобализации. Этот раздел предусматривает решение ряда задач, направленных на диверсификацию промышленности, создание сильной и конкурентоспособной промышленной базы, развитие разумного регулирования конкуренции и стандартизацию, улучшение деловой среды и активное использование энергосберегающих технологий.

За основу при оценке процессов модернизации была взята методика, предложенная для стран [7], которая была адаптирована в Институте экономики промышленности НАН Украины для регионов и городов с учетом специфики системы статистического учета на постсоветском пространстве. Так, показатель «число ученых и инженеров, полностью занятых в НИОКР на 10000 населения», был заменен показателем «численность работников научных организаций на 10000 населения». При определении численности работников научных организаций к учету были взяты только специалисты, выполняющие научные и научно-технические работы (исследователи и техники). Показатель «число жителей, подающих заявки на патенты, на 1 млн. жителей», был заменен показателем «численность авторов рационализаторских предложений на 1 млн. жителей». Отказ от индикатора «потребление энергии на душу населения» был вызван невозможностью получения статистической информации данного вида на уровне города.

В связи с тем, что отечественная система статистического учета на уровне города не рассчитывает ни общий показатель ВРП, ни показатель ВРП на душу населения, было принято решение от него отказаться. По тем же причинам было решено отказаться и от индикатора «ВВП на душу населения в условиях паритета покупательной способности». В качестве замены использовался показатель ВРП города, рассчитанный как произведение валового регионального продукта на душу населения и численности жителей города. Такой же подход был применен и при определении показателя валовой добавленной стоимости в сельском хозяйстве, промышленности и сфере услуг в силу тех же самых причин – отсутствия их статистического учета на уровне города.

Вышеназванные причины заставили отказаться от использования такого распространенного в развитых странах индикатора, как показатель энергетической эффективности. Этот показатель отражает эффективность энергетической сферы и рассчитывается как отношение ВВП на душу населения к потреблению энергии на душу населения [8].

Данные о распространенности сети Интернет среди жителей городов не были получены в связи с тем, что частные Интернет-провайдеры не предоставляют свою информацию областным управлениям статистики.

Показатель ожидаемой продолжительности жизни при рождении в разрезе городов не ведется статистическими управлениями и поэтому при расчетах был принят на уровне областного значения.

Оценка постиндустриальной и неоиндустриальной модернизации производилась с учетом ограничений отечественной статистической базы и с помощью системы индикаторов, приведенных в табл. 1. Часть индикаторов универсальная и поэтому используется при оценке как постиндустриальной стадии модернизации, так и неоиндустриальной модернизации. Для каждого оценочного индикатора с целью упрощения расчетов устанавливается его максимальное значение, которое не может превышать: для постиндустриальной модернизации – 120, неоиндустриальной модернизации – 100. Если значение оценочного индикатора больше 100 (120), то значение принимается равным 100 (120), и это означает, что по данному индикатору полностью осуществлена постиндустриальная или неоиндустриальная модернизация (табл. 1).

При выборе индикаторов особое внимание было уделено индикаторам, способствующим оценке не только состояния (например, объем ВРП города или доля материальной стоимости), но и формирующим основу для дальнейшего развития. В первую очередь, это касается человеческого капитала, выраженного в уровне образования и возможностях задействования его креативного потенциала для развития территории. Так, рассматривая феномен креативной экономики в США, Ричард Флорида выделяет следующие ее количественные параметры [9]:

1) систематическое инвестирование в креативность в форме затрат на НИОКР; начиная с 1950-х годов, инвестиции в НИОКР выросли с 5 млрд. долл. до 250 млрд. долл., что составляет более 800% с учетом инфляции;

2) стабильный рост практической отдачи от исследований в течение последнего столетия, особенно во второй его половине [10];

3) количество патентов, ежегодно выдаваемых в США, с 1900 по 1950 г. почти удвоилось - с 25 тыс. до 43 тыс., а затем более чем утроилось, составив 150 тыс. в 1999 г.;

4) существенное увеличение количества профессионалов, занятых креативной технической работой (инженеры, ученые): с 42 тыс. в 1900 г. до 625 тыс. в 1950 г. и 5 млн. в 1999 г.; в 1900 г. на каждые 100 тыс. человек в США приходилось 55 ученых и инженеров, в 1950 г. - 400, в 1980 г. более 1 тыс. и в 1999 г. более 1800;

5) резкое увеличение числа людей, работающих в области культуры и художественного творчества, за последние 100 лет.

Таблица 1
Table 1

Оценочные индикаторы постиндустриальной и неоиндустриальной модернизации [составлено авторами]
Evaluation indicators and post-industrial neo-industrial modernization [compiled by the authors]

Модернизация	Группа индикаторов	Индикатор	Интерпретация индикатора
Постиндустриальная модернизация	Инновации в знаниях	1. Финансирование инноваций в знания	соотношение затрат на НИОКР и ВВП
		2. Человеческий вклад в инновации в знания	число ученых и инженеров, полностью занятых в НИОКР, на 10000 населения
	Передача знаний	3. Доля лиц со средним образованием	доля обучающихся в средних учебных заведениях среди населения соответствующего возраста (6-17 лет)
		4. Доля лиц с высшим образованием	доля студентов, получающих высшее образование, среди населения студенческого возраста (18-25 лет)
	Качество жизни	5. Доля городского населения	доля городского населения во всем населении
		6. Медицинские услуги	число врачей на 1000 жителей
		7. Уровень детской смертности	смертность детей в возрасте до 1 года на 1000 родившихся
		8. Ожидаемая продолжительность жизни	ожидаемая продолжительность жизни при рождении
	Качество экономики	9. ВРП города	ВВП, произведенный предприятиями и организациями города
		10. Доля добавленной стоимости в материальной сфере	доля сельскохозяйственной и индустриальной добавленной стоимости в ВВП
		11. Доля труда в материальной сфере	доля лиц, занятых в сельском хозяйстве и промышленности
Неоиндустриальная модернизация	Экономические индикаторы	1. ВРП города	ВВП, произведенный предприятиями и организациями города
		2. Доля добавленной стоимости в сфере услуг	Соотношение добавленной стоимости в сфере услуг и ВВП
		3. Доля занятых в сфере услуг	Соотношение занятых в сфере услуг и общей занятости
	Социальные индикаторы	4. Доля городского населения	доля городского населения во всем населении
		5. Медицинские услуги	число врачей на 1000 жителей
		6. Ожидаемая продолжительность жизни	ожидаемая продолжительность жизни при рождении
	Индикаторы знаний	7. Финансирование инноваций в знаниях	соотношение затрат на НИОКР и ВВП
		8. Совокупная доля студентов ВУЗов	доля студентов, получающих высшее образование, среди населения студенческого возраста (18-25 лет)

Каждому индикатору соответствует эталонное значение, с которым он сравнивается. Эталонные значения индикаторов, используемых при оценке постиндустриальной и неоиндустриальной модернизации, не изменяются. Результатом взвешивания индикаторов являются значения, от-

ражающие его соответствие эталону, а среднеарифметическое данных значений представляют индексы постиндустриальной и неоиндустриальной модернизации [11].

В стандартизированном виде это выглядит следующим образом. Взвешивание индикатора производится по формуле:

а) для положительных (стимуляторов) индикаторов:

$$И_i = (РЗ_{инд} / БЗ_{инд}) \times 100 \quad (1)$$

б) для обратных (дестимуляторов) индикаторов:

$$И_i = (БЗ_{инд} / РЗ_{инд}) \times 100 \quad (2)$$

где $И_i$ – индекс развития i–го оценочного индикатора;

$РЗ_{инд}$ – реальное значение i–го оценочного индикатора;

$БЗ_{инд}$ – базовое (стандартное) значение i–го оценочного индикатора.

Для постиндустриальной модернизации $i = 1 \div 11$; для неоиндустриальной модернизации $i = 1 \div 8$.

Положительные индикаторы (стимуляторы) – это индикаторы, рост значения которых ускоряет процессы модернизации. К обратным индикаторам (дестимуляторам) относятся индикаторы, рост значения которых сдерживает процессы модернизации. К дестимуляторам постиндустриальной модернизации относятся следующие индикаторы: уровень детской смертности, доля добавленной стоимости в материальной сфере и доля труда в материальной сфере. Все остальные индикаторы являются стимуляторами. При расчете неоиндустриальной модернизации дестимуляторы не используются.

После взвешивания индикаторов определяются индексы групп индикаторов и интегральный индекс стадии модернизации [12]. Индекс постиндустриальной модернизации определяется на основании четырех групп индикаторов, а неоиндустриальной – трех.

Формулы расчета индексов модернизации с учетом показателей, приведенных в табл. 1, выглядят следующим образом.

Для постиндустриальной стадии модернизации:

$$ИПМ = (ИЗ + ПЗ + КЖ + КЭ) / 4 \quad (3)$$

где ИПМ – индекс постиндустриальной модернизации;

ИЗ – индекс инноваций в знаниях ($ИЗ = \Sigma И_i/2$, $i = 1 \div 2$);

ПЗ – индекс передачи знаний ($ПЗ = \Sigma И_i/2$, $i = 3 \div 4$);

КЖ – индекс качества жизни ($КЖ = \Sigma И_i/4$, $i = 5 \div 8$);

КЭ - индекс качества экономики ($КЭ = \Sigma И_i/3$, $i = 9 \div 11$);

Для неоиндустриальной модернизации:

$$ИНИМ = (ЭИ + СИ + ИЗ) / 3 \quad (4)$$

где ИНИМ – индекс неоиндустриальной модернизации;

ЭИ – индекс экономических индикаторов ($ЭИ = \Sigma И_i/3$, $i = 1 \div 3$);

СИ – индекс социальных индикаторов ($СИ = \Sigma И_i/3$, $i = 4 \div 6$);

ИЗ – индекс индикаторов знаний ($ИЗ = \Sigma И_i/2$, $i = 7 \div 8$);

Постиндустриальная модернизация состоит из нескольких фаз, которые отражают стадию развития процессов постиндустриальной модернизации (табл. 2). Фаза развития для неоиндустриальной модернизации не определяется.

Таблица 2
Table 2

Классификация фаз и значения сигнальных индикаторов постиндустриальной модернизации [составлено авторами]
Classification of phases and values of signal indicators post-industrial modernization [compiled by the authors]

Фаза	Доля добавленной стоимости в отраслях материального производства	Доля занятости в отраслях материального производства
Фаза расцвета	<20%	<20%
Фаза развития	≥20%, <30%	≥20%, <30%
Начальная фаза	≥30%, <40%	≥30%, <40%
Подготовительная фаза	≥40%, <50%	≥40%, <50%

Каждой фазе соответствуют следующие заданные значения: подготовительная фаза – 0; начальная фаза – 1; фаза развития –2; фаза расцвета – 3. Расчет фазы, в которой находится развитие постиндустриальной модернизации, производится по формуле:

$$ФПМ = (Д_{ДСМП} + Д_{ЗАН}) / 2, \quad (5)$$

где $Д_{ДСМП}$ – заданное значение фазы, определенное исходя из реального показателя добавленной стоимости материального производства (1÷3);

$Д_{ЗАН}$ – заданное значение фазы, определенное исходя из реального показателя доли занятости в материальном производстве в структуре общей занятости (1÷3).

Проведенные расчеты позволили разделить выбранные для исследования города Луганской и Донецкой областей Украины на три группы: лидеры (> 70 пунктов), середняки (от 50 до 70 пунктов) и аутсайдеры (≤ 50 пунктов) (табл. 3–4, расчеты и оценки осуществлялись еще в докризисный, довоенный период, подтверждая тем самым возможность использования предложенной методики)[1]. Лидером постиндустриальной модернизации являлся город Луганск – интеллектуальный, производственный и культурный центр области. Среди середняков - города Алчевск и Северодонецк, являющиеся крупными индустриальными центрами Луганской области, в каждом из которых производится более 22% промышленной продукций региона.

На основе индикаторов, приведенных в табл. 2, была проведена оценка стадии развития постиндустриальной модернизации городов Луганской области. Результаты показали, что все города находятся в подготовительной фазе. Аналогичная ситуация сложилась и среди промышленных городов Донецкой области, лишь города Донецк и Славянск на «полшага» впереди «пелотона». Но и они, оторвавшись немного от преследователей, дальнейшего ускорения в сторону развития процессов постиндустриальной модернизации не проявляют [2013]. Главным препятствием в ускорении процессов постиндустриальной модернизации городов обеих областей является ориентация их экономики на индустриальное развитие (см. табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Индексы постиндустриальной модернизации некоторых промышленных городов Донецкой и Луганской областей [составлено авторами]
Indices of post-industrial modernization of some the industrial cities of Donetsk and Lugansk regions [compiled by the authors]

Города Луганской области	2000	2005	2010	2013	Города Донецкой области	2000	2005	2010	2013
Лидеры									
Луганск	58	72	71	71	Донецк	74	76	78	76
					Краматорск	66	72	71	76
Середняки									
Алчевск	55	62	67	66	Славянск	60	60	57	57
Северодонецк	55	68	59	56	Мариуполь	60	59	57	56
Аутсайдеры									
Свердловск	45	44	44	47	Артемовск	52	50	50	49
Стаханов	46	45	44	45	Енакиево	47	47	47	49
Рубежное	48	47	43	44	Макеевка	53	53	47	47
Антрацит	41	40	41	43	Авдеевка	42	45	43	43
Красный Луч	43	42	40	43	Горловка	53	43	41	41
Лисичанск	42	40	41	42	Красноармейск	38	41	36	37
Ровеньки	43	42	41	42	Харцызск	45	44	45	34

Среди лидеров неоиндустриального развития – «столицы» каждой из исследуемых областей. Это лидерство обеспечено концентрацией на их территории транспортных, финансовых, образовательных и научных центров, наличием сильного политического влияния в регионе.

[1] В связи с тем некоторые города Донецкой области за весь период исследования значительно меняли свой интегральный показатель, разделение по категориям производилось по индексу 2010 году.

Согласно выбранному диапазону индекса модернизации, город Рубежное Луганской области вошел в группу городов-середняков по развитию неоиндустриальной модернизации (табл. 4). Следует особо подчеркнуть, что все города, которые вошли в первые две группы (лидеры и середняки), достигли этого благодаря проведению на территории города научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, для которых необходимы квалифицированные кадры и соответствующие финансовые затраты [14].

Необходимо отметить, что в подавляющем количестве городов процессы постиндустриализации и неоиндустриализации носят устойчивый «затухающий» характер, что требует внесения в стратегии развития области и городов срочных и решительных мер по изменению сложившихся тенденций. В противном случае на данных территориях возможно ускорение процессов деиндустриализации, что приведет к дальнейшей деградации промышленного и человеческого капитала этих двух областей (см. табл. 4).

Стратегия развития Луганской области и ее промышленных городов должна была бы строиться (при отсутствии военных действий на этой территории) на основе модели неоиндустриализации, предполагающей развитие сферы высокотехнологичной индустрии, автоматизации и компьютеризации производительных сил, замене физического труда умственным, что кардинальным образом поменяет характера труда и структуру трудового баланса города. Развитию подлежат отрасли и сектора экономики, использующие достижения фундаментальной и прикладной науки, инженерной и конструкторской мысли для увеличения доли автоматизации, компьютеризации и машинизации рабочих мест, физического и умственного труда [15].

Таблица 4
Table 4

Индекс неоиндустриальной модернизации некоторых промышленных городов Донецкой и Луганской областей [составлено авторами]
The index of some neo-industrial modernization industrial cities of Donetsk and Lugansk regions [compiled by the authors]

Города Луганской области	2000	2005	2010	2013	Города Донецкой области	2000	2005	2010	2013
Лидеры									
Луганск	69	69	71	71	Донецк	73	73	75	75
Середняки									
Алчевск	66	64	64	65	Краматорск	56	66	63	68
Северодонецк	63	62	59	60	Мариуполь	56	59	60	60
Рубежное	57	53	52	53	Славянск	50	56	53	57
					Макеевка	53	57	52	51
					Артемовск	48	51	51	51
Аутсайдеры									
Антрацит	50	48	50	50	Енакиево	46	47	49	50
Красный Луч	52	49	48	50	Авдеевка	40	41	43	44
Лисичанск	49	48	49	50	Горловка	52	46	44	43
Свердловск	50	48	49	50	Харцызск	44	45	46	37
Ровеньки	50	48	49	49	Красноармейск	35	42	35	36
Стаханов	51	48	49	49					

Переход на наукоемкие передовые технологии может спровоцировать революционные изменения в методах производства товаров. Это изменит всю основу формирования городов, которые до сих пор формировались за счет крупного промышленного производства. Изменения выразятся в уходе от крупномасштабного производства к современному индивидуальному производству (рис. 1). В свою очередь, индивидуализация повлечет за собой отказ от некоторых технологических процессов, которые были отлажены до совершенства в индустриальную эпоху [16]. Доминирующий тип производства, при котором большим объемом выпуска изготавливается периодически повторяющаяся партия изделий в рамках ограниченной номенклатуры, уступит место современному индивидуальному производству, которое осуществляется отдельным человеком (индивидом) на совершенном компактном высокотехнологичном оборудовании (типа 3D-принтеров), но уже с новыми более качественными характеристиками, чем это было при переходе к серийному производству в эпоху индустриализации.

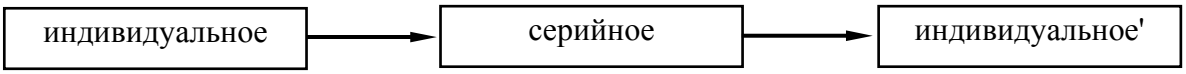


Рис. 1. Трансформация типов производства от индустриального
к постиндустриальному типу воспроизводства [составлено авторами]
Fig. 1. Transformation of types of industrial production
to post-industrial type of reproduction [compiled by the authors]

Первые подвижки в этом уже есть. Например, создание 3D-принтеров[1], устройств, использующих метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели, привело к тому, что каждый сможет сделать себе именно то, что ему нужно, прямо на дому или в ближайшей мастерской. Естественно, для их использования необходим очень важный нематериальный фактор – знания, позволяющие пользоваться этой технологией. Эти неоиндустриальные технологии дают возможность переносить производственные возможности если не домой, то в ближайший сервисный пункт. В результате мы может снова вернуться к ремесленничеству, но уже в новой его форме (рис. 2).

Рис. 2. Эволюция производства товаров в общественно-экономической цепочке
[составлено авторами]
Fig. 2. The evolution of the production of goods in the socio-economic chain «средневековье – индустриальное общество – неоиндустриальное общество» [compiled by the authors] [2]

Переход социально-экономического развития Донецкой и Луганской областей и их городов в новое качественное состояние зависит от эффективности взаимодействия и уровня консолидации усилий власти, крупных корпораций, науки и общества, оформленное в виде долгосрочной стратегии развития региона и городов и детализированное в кратко- и среднесрочных программах по реализации основных стратегических направлений развития [17]. На данный момент это единственный инструмент модернизации местных органов власти, который при правильном использовании может в ближайшем будущем дать существенный социально-экономический эффект.

Наилучшим способом реализации такого программно-стратегического подхода в Донбассе будет сотрудничество в рамках государственно-частного партнерства следующих структур – отечественных крупных корпораций (СКМ, ДТЭК, Метинвест, Донецксталь, ИСД, Group DF и т.п.), международных аудиторско-консалтинговых фирм высокого уровня (Эрнст энд Янг, Прайс Вотерхаус Куперс и т.п.) и отечественных экспертно-научных организаций НАН и МОН Украины (Институт экономики промышленности, Институт экономико-правовых исследований, Донецкий национальный технический университет, Донецкий национальный университет, Донецкий государственный университет управления, Национальный институт стратегических исследований и его Донецкий филиал, Луганский национальный университет им. Т. Шевченко, Восточно-Украинский национальный университет им. В. Даля, Луганский национальный аграрный университет и т.п.) и органов городского самоуправления. Это взаимодействие может быть оформлено в форме соответствующего консорциума (см. рис. 3).

[1] Возможности 3D-принтеров уже сейчас поражают воображение. С их помощью производят обувь, действующие пистолеты, протезы для человека, домашнюю утварь и многое другое. Сферы применения продукции, произведенной с помощью 3D-технологий, постоянно расширяются. Так, в Университете Южной Калифорнии был разработан 3D-принтер, способный построить отдельный дом площадью в 250 кв.м. в течение суток [Гигантский 3D принтер строит дом за 24 часа [Электронный ресурс] / http://naked-science.ru – Режим доступа: http://naked-science.ru/article/hi-tech/gigantskii-3d-printer-stroit-d]

[2] В эпоху индустриализации, когда требовалась максимизация объединения рабочей силы и централизация управления, промышленность составляла единственное содержание понятия индустрии. С развитием постиндустриализации термин «индустрия» стал применяться и к другим отраслям, таким как туризм, кинематограф, образование, здравоохранение или сфера развлечений. Здесь термин «индустрия» используется как синоним массовости производства или оказания услуг.

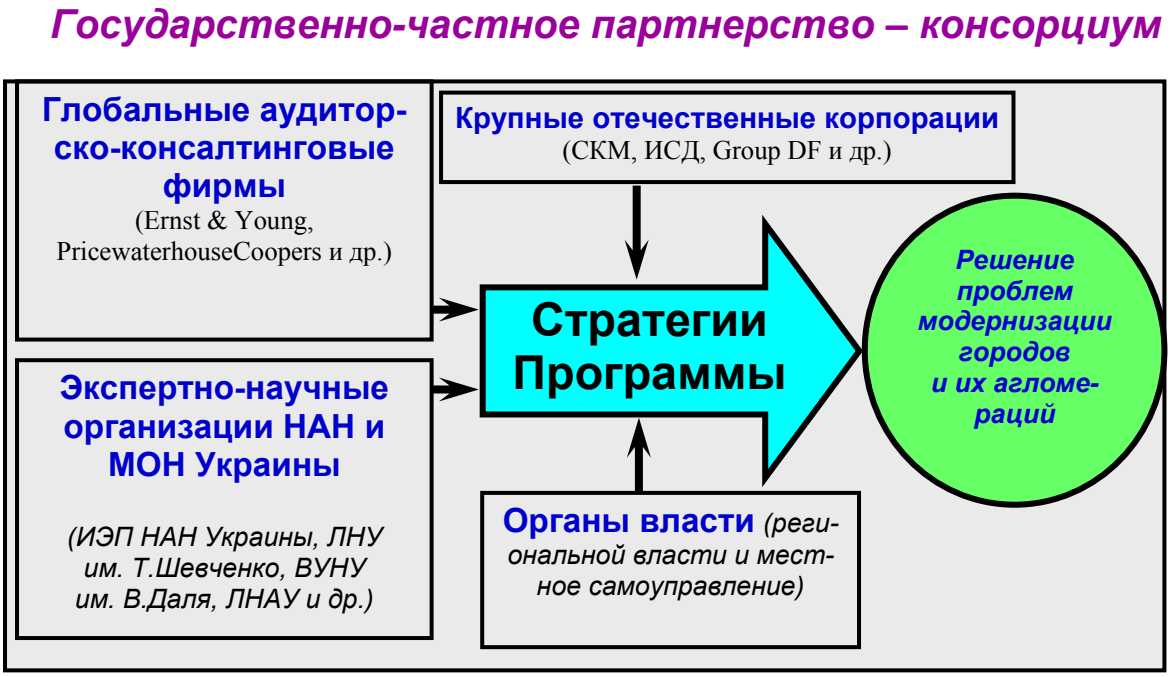


Рис. 3. Схема взаимодействия субъектов [составлено авторами]
Fig. 3. The scheme of interaction of subjects [compiled by the authors]

Опыт такого эффективного взаимодействия в Донбассе есть. В результате многолетнего сотрудничества Донецкого горисполкома с Институтом экономики промышленности НАН Украины была подготовлена Стратегия социально-экономического развития города Донецка на период до 2020 года, которая успешно реализовывалась (до начала военных действий) через ряд долгосрочных программ[1] Стратегия развития г. Луганска была разработана в сотрудничестве с Национальным институтом стратегических исследований. В г. Донецке на основании Стратегии развития города до 2020 года городским советом совместно с Институтом экономики промышленности НАН Украины были разработаны Программа инвестиционного развития города Донецка на период до 2020 года, Комплексная программа «Энергосбережение в г. Донецке на 2010–2015 года», Целевая программа развития и поддержки малого и среднего предпринимательства в городе на период до 2020 года, Общие методические положения по развитию элементов региональной инфраструктуры микрострахования и гарантирования кредитов малому предпринимательству и ряд других. Необходимо уделить пристальное внимание изучению проблем получения агломерационного эффекта от взаимодействия городов региона [18, 19, 20]. Это касается развития вертикальных и горизонтальных механизмов использования возможностей городов-ядер, способных оказать положительное влияние на города-спутники в виде роста производственного и интеллектуального потенциалов, развития производственной и социальной инфраструктуры, становления новых перспективных отраслей производства городской агломерации.

Список литературы
References

1. Павлов К.В. 2014. Модернизация и инновационное развитие экономики на разных уровнях управленческой иерархии: Монография. Ижевск: Інститут компьютерных исследований, 344.
Pavlov K.V. 2014. Modernization and innovative development of the economy at different levels of the management hierarchy: a Monograph. Izhevsk: computer research Institut, 344.
2. Белл Д. 2004. Грядущее постиндустриальное общество. Москва: Академия, 578.
Bell D. 2004. The Coming post-industrial society. Moscow: Academy, 578.
3. Гэлбрейт Дж. 2004. Новое индустриальное общество: Пер. с англ. М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Транзиткнига»; СПб.: Terra Fantastica, 602.
Galbraith J. 2004. The new industrial society: TRANS. angl. M.: OOO «Publishing house AST»: «Tranzitkniga»; SPb.: Terra Fantastica, 602.
4. Губанов С.С. 2012. Державный прорыв. Неоиндустриализация России и вертикальная интеграция. М.: Книжный мир, 224.
Gubanov S.S. 2012. Majestic breakthrough. Neoindustrialization of Russia and vertical integration. Moscow: Book world, 224.

[1] Стратегия социально-экономического развития города Донецка на период до 2020 года / А.А. Лукьянченко, Г.А. Гришин, А.И. Амоша и др.: Монография / НАН Украины. Ин-т экономики промышленности; Донецкий городской совет. – Донецк, 2008. – 308 с. Разработанная Стратегия в 2008 году завоевала первое место в конкурсе аналогичных документов местного самоуправления, проходившего в г. Москве.

5. Доклад о мировом развитии 2009. 2010. Новый взгляд на экономическую географию. Обзор. – Программа развития Организации Объединенных Наций (ПРООН). М.: Издательством «Весь Мир», 48.

The world development report 2009. 2010. A new view on economic geography. Review. Development programme United Nations development programme (UNDP). M.: Publishing House «Whole World», 48.

6. Андерссон А., Андерссон Д. 2001. Ворота в глобальную экономику. М., 464.

Andersson, A., Andersson, D. 2001. Gateway to the global economy. M, 464.

7. Котов Е.В., Ляшенко В.И. 2013. Оценка уровня модернизации городов и регионов при разработке стратегий опережающего развития. Устойчивое развитие экономики: опережающее развитие. Симферополь: ДИАЙПИ, 610.

Kotov E.V., Lyashenko V.I 2013. Assessment of the level of modernization of cities and regions in developing strategies of advanced development. Sustainable economic development: advanced development. Simferopol: DJIPI, 610.

8. Обзорный доклад о модернизации в мире и Китае (2001—2010). 2011. Пер. с англ. под общей редакцией Н.И. Лапина. М.: Издательство «Весь Мир», 256.

Review report on modernization in the world and China (2001–2010). 2011. TRANS. angl. under the General editorship of N. And. Lapina. M.: Publishing House «Whole World», 256.

9. Флорида Р. 2007. Креативный класс: люди, которые меняют будущее. Пер. с англ. М.: Издательский дом «Классика-XXI», 421.

Florida R.2007. Creative class people who change future. TRANS. angl. M.: Publishing house «Classic-XXI», 421.

10. Аганбегян А.Г., Михеева Н.Н.,Фетисов Г.Г. 2012. Модернизация реального сектора экономики: пространственный аспект. Регион: экономика и социология. – № 4. – С. 7–44.

Aganbegyan A.G., Mikheev N.N., Fetisov G.G. 2012. Modernizing the real sector of economy: spatial aspect. Region:economy and sociology. – № 4. – С. 7–44.

11. Антонова О.И. 2007. Региональная дифференциация смертности от внешних причин. Вопросы статистики. – № 10. – С. 17–22.

Antonova O.I. 2007. Regional differentiation of mortality from external causes. Problems of statistics. –№ 10. – С. 17–22.

12. Зубаревич Н.В. 2012. Выход из кризисна: региональная проекция. Вопросы экономики.– № 4. – С. 67–83.

Zubarevich N.V. 2012. The post-crisis development: regional aspects. Problems of Economics. – № 4. – 67–83.

13. Замараев Б., Киюцевская А., Назарова А., Суханов Е. 2013. Замедление экономического роста в России. Вопросы экономики. – № 8. – С. 4–34.

Zamaraev B., Kiyutsevskaya A., Nazarova A., Sukhanov E. 2013. The economic Slowdown in Russia. Voprosy ekonomiki. – № 8. – С. 4–34.

14. Замараев Б., Назарова А., Суханов Е. 2014. Финансовые ограничения вслед за инвестиционной паузой. Вопросы экономики. – № 10. – С. 4–43.

Zamaraev B., Nazarova A., Sukhanov E. 2014. Financial restrictions follow the investment pause. Problems of Economics. – № 10. – С. 4–43.

15. Оболенский В. 2012. Внешнеэкономические связи России: некоторые уроки глобального кризиса. Вопросы экономики. – № 5. – С. 87–100.

Obolensky V. 2012. External economic relations of Russia: some lessons from the global crisis. Voprosy ekonomiki. – № 5. – С. 87–100.

16. Чернявский А.В. 2014. Проблемы сбалансированности региональных бюджетов и пути их решения. Финансы. – № 8. – С. 21–25.

Chernyavsky A.V. 2014. Problems of regional budgets balance and the ways of their solution. The Finance. No.8: 21-25.

17. Михеева Н.Н. 2013. Структурные факторы региональной экономики: измерения и оценка. Пространственная экономика. – № 1. – С. 11–32.

Mikheeva N.N. 2013. Structural factors of regional economy: measurement and assessment. Spatial Economics. – № 1. – С. 11–32.

18. Амоша А.И., Котов Е.В., Ляшенко В.И. 2013. Ответственность отечественных корпораций в развитии малого бизнеса в контексте стратегии модернизации промышленных городов. Вісник Донецького державного університету управління «Менеджер». – № 3 (65). – С. 9–20.

Amosha A.S., Kotov E.V., Lyashenko V.S. 2013. The responsibility of domestic corporations in the development of small business in the context of the strategy of modernization of industrial cities. Bulletin of Donetsk state University of management «Manager». – № 3 (65). – С. 9–20.

19. Амоша А.И., Котов Е.В., Ляшенко В.И. 2013. Развитие малого бизнеса – ведущая форма социальной ответственности крупных отечественных корпораций в модернизации городов своего присутствия. Політика корпоративної соціальної відповідальності в контексті сталого соціально-економічного розвитку: матеріали І Міжнар. наук.-практ. конф. (секція 2 «Стратегія інституційного розвитку соціально орієнтованої економіки України»), м. Донецьк, 5–6 грудня 2013р. Донецький державний університет управління. Донецьк: ДонДУУ, 19–22.

Amosha A.S., Kotov E.V., Lyashenko V.S. 2013. Small business development – a leading form of social responsibility of large domestic corporations in the modernization of the cities of its presence. Corporate social responsibility Policy in the context of sustainable socio-economic development: proceedings of the international. Sciences.-practical. Conf. (section 2, «Strategy of institutional development of socially oriented economy of Ukraine»), Donetsk city, December 5–6, 2013. Donetsk state University of management. Donetsk: Donguu, 19–22.

20. Котов Е.В., Ляшенко В.И. 2013. Оценка социально-экономического потенциала модернизации промышленного региона. Актуальные проблемы социально-экономического розвития государства, регионов, предприятий и предпринимательства: Монография. Львів: Українська академія друкарства, 105–108.

Kotov E.V., Lyashenko V.S. 2013. Assessment of the socio-economic potential of modernization of the industrial region. Actual problems of socio-economic development of the state, regions, enterprises and enterprise: Monograph. Lviv: Ukrainian Academy of printing, 105–108.

УДК 332.14:331.105

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ В РЕГИОНЕ

THE ROLE OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL-EDUCATIONAL CLUSTERS IN THE REGION

Р.Н. Великанский, Н.А. Силкина
R.N. Velikanskiy, N.A. Silkina

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

ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», Россия, 398040, г. Липецк, пл. Металлургов, 2

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

OJSC «Novolipetsk steel», Metallurgov square, 2, Lipetsk, 398040, Russia

E-mail: velikanskiy_rn@nlmk.com, silkina_na@nlmk.com

Аннотация. В статье рассматривается проблема дефицита человеческого капитала в регионе, которая может быть решена на основе повышения уровня партнерства субъектов хозяйствования в промышленности и образовании. Проводится теоретический анализ концепций государственно-частного партнерства, рассматривается промышленно-образовательный кластер как одна из возможных форм. Авторы на примере Липецкой области с доминирующей специализацией в отрасли металлургии разрабатывают модель взаимодействия стейкхолдеров промышленно-образовательного кластера в регионе. Исследуется практика развития промышленно-образовательного кластера региона при целевой поддержке государства, структура его финансирования.

Resume. The article considers the problem of shortage of human capital in the region. Negative trends in the functioning of the Russian economy, the need to improve production efficiency through the introduction of new technologies and modernization of production motivate the business community to address issues of professional education. In the context of solving this problem in the regions is actively undergoing the process of clustering industries and education.

The aim of the study is the analysis of practice of development of industrial education cluster in the region using opportunities for public-private partnerships.

On the basis of scientific methods all components of the shortage of human capital in the region. Performed theoretical analysis of public-private partnerships, industrial education cluster. The authors on the example of Lipetsk region with a dominant specialization in the field of metallurgy to develop a model of interaction between stakeholders in industrial education cluster in the region. The conclusion is made about the prospects of such a public-private partnership, as it is fully capable to solve a wide range of human, socio-economic and educational problems.

Ключевые слова: промышленно-образовательный кластер, государственно-частное партнерство, стейкхолдер, этапы формирования кластера, структура финансирования кластера, модель взаимодействия участников промышленно-образовательного кластера.

Key words: a cluster of industrial-educational, public-private partnerships, stakeholder, stages of formation of the cluster, the financing structure of the cluster model of interaction between participants of educational-industrial cluster.

Введение

Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года определяет в качестве одной из ключевых проблем, с которой сталкивается экономика как в целом в России, так и в отдельных регионах, дефицит человеческого капитала как основы экономического развития. Негативные тенденции функционирования экономики РФ, отмечающиеся в последние годы, и необходимость повышения эффективности производства за счет внедрения новых технологий и модернизации производства мотивируют представителей бизнес-сообществ включаться в решение вопросов профессионального образования. Основными составляющими данной проблемы являются: возрастание потребности в квалифицированных работниках, способных решать сложные производственные задачи промышленных предприятий; несоответствие характера и уровня подготовки выпускников профессиональным требованиям, предъявляе-

мым работодателями; недостаточное сочетание в образовательном процессе теоретических знаний с глубоким пониманием производственных процессов и действующих технологий; неспособность системы профессионального образования успешно решать данные проблемы без активного участия работодателей. Это подтверждают, как результаты экспертных опросов руководителей кадровых служб и производственных подразделений, проведенных в различных регионах на предприятиях металлургического сектора экономики [7], так и результаты исследований, организованных в других отраслях промышленности [4].

Опыт стран – лидеров мировой экономики указывает России на перспективные способы решения данных проблем, среди которых можно выделить развитие в регионах государственно-частного партнерства. Приоритетным драйвером такого партнерства является взаимная заинтересованность стейкхолдеров данного процесса (государство, образовательные организации, бизнес и общество) в подготовке профессиональных кадров, чьи знания, навыки, профессиональные и управленческие компетенции соответствуют требованиям современной инновационной экономики.

Результаты исследований

Согласно определению, данному Организацией экономического сотрудничества и развития, «партнерство» – это системы сотрудничества, основанные на открытых соглашениях между различными институтами, подразумевающих понимание совместно принятых планов и совместную работу [8]. Наиболее точным и полным определением партнерства в системе профессионального образования, на наш взгляд, является определение, данное Задориной М.А. и Тесленко И.В.: «взаимодействие предприятий (работодателей), общественных организаций, государственных органов власти (в сфере образования, труда и занятости), учреждений профессионального образования, профессионально-педагогического сообщества и граждан, которые намереваются получить, получают или уже получили профессиональное образование (обучающиеся образовательных учреждений, их родители, работники), действующих на основе консенсуса и взаимного учета интересов и потребностей в целях повышения эффективности профессионального образования и удовлетворения спроса на профессиональные компетенции рабочей силы на рынке труда» [2].

Виды деятельности, необходимые для партнерства в профессиональном образовании: анализ потребностей в обучении; разработка содержания обучения; организация производственной практики студентов; участие работников предприятия в проведении семинаров и занятий в учебных заведениях; трудоустройство выпускников; участие работодателей в определении требований к выпускникам в части умений и компетенций и в итоговой оценке качества выпускников; стажировка преподавателей на предприятиях; предоставление материалов и оборудования учебным заведениям; профориентация и консультирование [5].

Каждый из участников партнерства имеет свои прагматичные интересы и цели. Государство заинтересовано в исполнении бюджета путем налоговых поступлений и сохранении рабочих мест для общества; учреждения профессионального образования нацелены на подготовку студентов в соответствии с образовательными стандартами и выпуск на рынок труда рабочих и специалистов, соответствующих требованиям бизнеса; бизнес – в высокой капитализации компании путем квалифицированных действий персонала; обществу необходима возможность трудоустройства, достойная оплата труда, профессиональное и карьерное развитие.

Основной принцип, заложенный в программах, реализуемых в настоящее время в системе профессионального образования, состоит в том, что заказчиком образовательных услуг являются общество и работодатели как конечные потребители данных услуг. Сегодня представители бизнес-сообществ активно привлекаются к созданию образовательных стандартов, обновлению инфраструктуры и содержания обучения в учреждениях среднего профессионального и высшего образования, развитию научного потенциала. На наш взгляд, успешным примером сотрудничества государства и бизнес-сообществ в регионах стала Федеральная целевая программа развития образования на 2011–2015 годы [6]. Ее целью является приведение содержания и структуры профессионального образования в соответствие с потребностями рынка труда, в рамках реализации которой предусмотрены следующие мероприятия:

– разработка и внедрение программ модернизации систем профессионального образования субъектов Российской Федерации;

– поддержка развития объединений образовательных учреждений профессионального образования (кластерного типа) на базе вузов;

– улучшение материально-технической базы сферы профессионального образования.

Данная программа направлена на развитие центров профессионального образования более чем в 30 регионах России. Выбор направления (отрасли) развития центров профессионального об-

разования в каждом регионе зависит от специфики, особенностей кластеризации региональной экономики.

Следует отметить, что в последнее время усиливается интерес к кластерному подходу со стороны академических и прикладных исследователей. В качестве систем региональной экономической активности кластеры интенсивно развиваются, пользуясь преимуществом географической близости входящих в него участников, возможностью совместного использования имеющихся ресурсов. В настоящее время в такие конгломерации активно включаются не только представители бизнес-сообществ, объединенные едиными экономическими интересами и производственным циклом, но и учреждения системы профессионального образования, представители органов государственной власти. Эффективные кластеры опираются на региональные особенности, которые превращаются в источник конкурентных преимуществ региона.

В Липецкой области, являющейся одним из ведущих промышленных регионов России, на территории которой расположено ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», входящее в холдинговую металлургическую структуру с вертикальной интеграцией – компанию НЛМК, реализуется региональная программа развития профессионального образования, направленная на модернизацию системы профессионального образования в области металлургии. Сегодня в регионе создан промышленно-образовательный кластер, в который наряду с Администрацией Липецкой области, учреждениями высшего и среднего профессионального образования – Липецкий государственный технический университет (далее ЛГТУ), Липецкий металлургический колледж (далее ЛМК), Липецкий политехнический техникум (далее ЛПТ), входит ведущий работодатель региона – ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат».

Практика реализации проектов государственно-частного партнерства не нова для ОАО «НЛМК» и учреждений профессионального образования. В 2007 г. совместно с Липецким политехническим техникумом внедрена инновационная образовательная программа в рамках приоритетного национального проекта «Образование» – «Рабочие кадры металлургии». В 2009 г. право участия в нацпроекте «Образование» при активной поддержке Новолипецкого металлургического комбината выиграл Липецкий металлургический колледж. Вложения ОАО «НЛМК» в рамках реализации данных проектов составили более 138 млн руб., такой же объем средств был выделен из федерального бюджета. Все средства были направлены на совершенствование и модернизацию учебного процесса, внедрение новых обучающих технологий, закупку современных учебно-методических комплексов и ремонт помещений.

Модель взаимодействия участников металлургического промышленно-образовательного кластера Липецкой области (рис. 1) ориентирована на совместное участие всех стейкхолдеров. Залогом успешного функционирования модели промышленно-образовательного кластера является эффективное участие всех элементов, которое должно обеспечиваться за счет:

- формирования социального заказа;
- разработки и экспертизы образовательных программ;
- создания центра сертификации выпускников.

При формировании социального заказа необходимо под руководством координационного совета осуществлять мониторинг среднесрочных и долгосрочных потребностей металлургической отрасли и региона в профессиональных кадрах и на его основе осуществлять комплексное планирование объема и структуры подготовки кадров, определять контрольные цифры приема на бюджетные места в учреждения профессионального образования.

Для разработки и экспертизы образовательных программ профессионального образования всех уровней необходимо прямое участие работодателя. Это позволит, опираясь на действующие корпоративные профессиональные стандарты ОАО «НЛМК», компетентностный подход и модульную систему образования, разработать программы, отвечающие требованиям работодателя.

На базе региональных ресурсных центров профессионального образования Липецкой области целесообразно создать центр независимой сертификации выпускников всех уровней профессионального образования.

Реализация модели металлургического промышленно-образовательного кластера в Липецкой области предусматривает привлечение средств работодателей в объеме более 250 млн рублей, в том числе на выполнение мероприятий, связанных с модернизацией учебно-материальной базы образовательных учреждений, создание условий для проведения производственной практики студентов, стажировки и повышения квалификации профессорско-преподавательского состава, мастеров производственного обучения, участие в разработке и экспертизе основных профессиональных образовательных программ, реализацию профориентационной работы в школах региона. 220 млн рублей выделено на создание промышленно-образовательного кластера из средств федерального и регионального бюджетов.

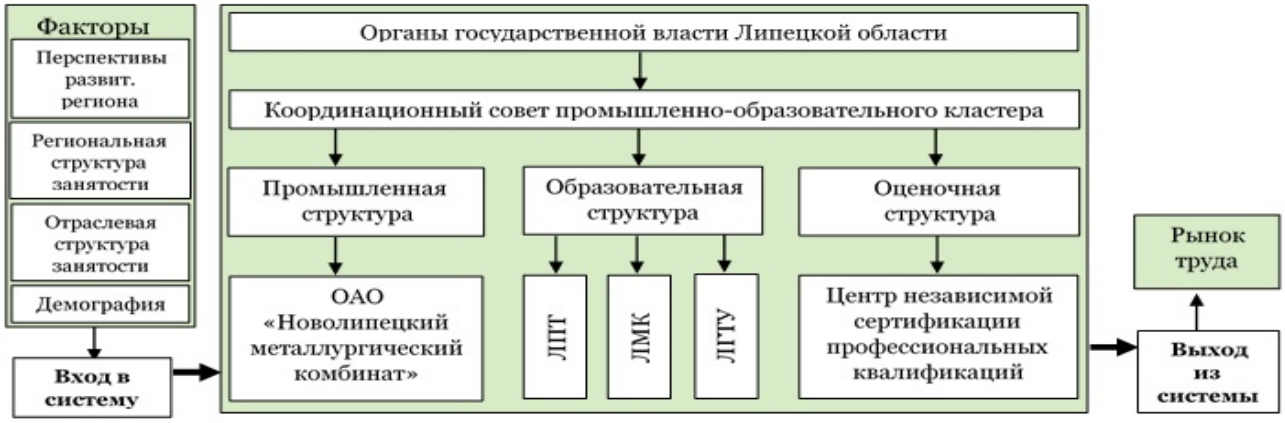


Рис. 1. Модель взаимодействия участников металлургического промышленно-образовательного кластера Липецкой области
Fig. 1. The model of interaction of participants of the metallurgical industrial-educational cluster in the Lipetsk region

Анализ классификаций экономических кластерных образований представили в статьях российские исследователи ЮЛ. Владимиров, В.П. Третьяк [1], О.А. Ломовцева, С.Ю. Соболева, А.В. Соболев [3]. Наибольший интерес для нас представляет подход, согласно которому в качестве основания классификации рассматривают стадию жизненного цикла кластера. Данная классификация во многом коррелирует с представленными на рисунке 2 этапами в контексте реализации структуры финансирования промышленно-образовательного кластера в Липецкой области.

Затраты на предварительном этапе (стадия pro-кластера) включают комплекс мероприятий на выполнение работ по первичному отбору, оценке, разработке полной проектной документации. Сумма данных затрат составляет от 10% общего объема финансирования проекта. Разделение рисков по финансированию данных работ мотивирует компанию к дальнейшему участию в проекте и повышает качество разрабатываемой документации.

Рис. 2. Структура финансирования промышленно-образовательного кластера Липецкой области
Fig. 2. The structure of financing of the industrial-educational cluster in the Lipetsk region

На стадии собственно кластера осуществляется второй пул затрат, направленный на модернизацию учреждений профессионального образования. Он включает в себя средства на реконструкцию и модернизацию зданий, закупку современного оборудования, разработку образовательных программ в соответствии с принятыми корпоративными профессиональными стандартами, создание центра независимой сертификации выпускников учреждений профессионального образования, внедрение дуальной системы обучения, повышение квалификации и стажировку профессорско-преподавательского состава учреждений профессионального образования, направленную на

знакомство с современными образовательными технологиями, внедряемыми на металлургическом производстве в компании. Объем затрат на данной стадии жизненного цикла кластера составляет почти 70%.

На следующей стадии post-кластера реализуется третий пул затрат, который связан с текущими затратами. Он включает затраты на реализацию профориентационной работы в школах и учреждениях профессионального образования, стипендиальные программы для студентов, обучающихся по приоритетным для компании профессиям и направлениям подготовки, программы дополнительного профессионального обучения студентов на действующем производстве, стимулирующие выплаты выпускникам учреждений профессионального образования, трудоустроившихся в компанию, материальную поддержку молодых работников и т.д. Данная стадия, согласно рассматриваемой классификации кластеров является завершающей, но уже сегодня можно смело сказать, что по итогам реализации целевой программы развития образования, взаимодействие ведущего работодателя региона и учреждений профессионального образования будет продолжено. Ежегодный объем средств, выделяемый ОАО «НЛМК» на реализацию образовательных проектов системы профессионального образования региона, составляет более 50 млн рублей.

Таким образом, основными направлениями партнерства администрации Липецкой области, предприятия и учреждений профессионального образования являются:

– совместная разработка программ обучения студентов с целью качественной подготовки будущих работников ОАО «НЛМК»;
– совместное финансирование развития учебно-материальной базы;
– организация всех видов практики студентов;
– реализация программ дополнительного образования;
– материальная поддержка преподавателей в виде выплаты грантов по результатам ежегодной оценки их деятельности (успеваемость студентов, методическая работа, повышение квалификации и т.д.);
– участие руководителей предприятия в качестве председателей и членов Государственных аттестационных комиссий образовательных учреждений;
– реализация стипендиальных программ;
– профориентационная работа по повышению престижа технического образования и повышению конкурса в учебные заведения.

Выводы

Подобные практики реализации государственно-частного партнерства ведущего работодателя региона и учреждений профессионального образования позволяют создать единую промышленно-образовательную среду, в основе которой заложен принцип приоритетов и инициатив, транслируемый в конкретные действия по профессиональной подготовке специалистов, отвечающих требованиям работодателя.

Данный проект является, на наш взгляд, одним из самых перспективных на сегодняшний день, его можно отнести к межотраслевому государственно-частному партнерству. Следует отметить, что этот вид партнерства одновременно является и наиболее капиталоемким. В тоже время, учитывая его условную бессрочность в стратегической перспективе, такой проект является наиболее эффективным, способным максимально полно решать широкий спектр кадровых, социально-экономических и образовательных задач.

Список литературы
References

1. Владимиров Ю.Л., Третьяк В.П. О классификациях кластеров предприятий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.riep.ru/lib/getfile.php?t=p&n=05000146 (accessed 3 January 2015).

Vladimirov Ju.L., Tret'jak V.P. O klassifikacijah klasterov predprijatij [On classifications of clusters of firms]. [Electronic resource]. - URL: http://www.riep.ru/lib/getfile.php?t=p&n=05000146 (accessed 3 January 2015). (in Russian)

2. Задорина М.А., Тесленко И.В. 2013. Изучение социального партнерства в профессиональном образовании на региональном уровне. Мониторинг общественного мнения: социальные и экономические перемены. 117 (5): 67–70.

Zadorina M.A., Teslenko I.V. 2013. Izuchenie social'nogo partnerstva v professional'nom obrazovanii na regional'nom urovne. Monitoring obshhestvennogo mnenija: social'nye i jekonomicheskie peremeny [Monitoring public opinion: economic and social change]. 117 (5): 67–70. (in Russian)

3. Ломовцева О.А., Соболева С.Ю., Соболев А.В. 2015. К вопросу о классификации экономических кластеров. Научные ведомости Белгородского государственного университета. 198 (1): 55–60.

Lomovtseva O.A., Soboleva S.Ju., Sobolev A.V. 2015. K voprosu o klassifikacii jekonomicheskih klasterov. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta [To the question of the classification of economic clusters Scientific statements of Belgorod state University]. 198 (1): 55–60. (in Russian)

4. Макеева Т.Е, Егоршева О.И. 2008. Регулирование взаимодействия рынков труда и образовательных услуг: барьеры и принципы их преодоления. Успехи современного естествознания. 10: 95–97.

Makeeva T.E, Egorsheva O.I. 2008. Regulirovanie vzaimodejstvija rynkov truda i obrazovatel'nyh uslug: bar'ery i principy ih preodolenija. Uspehi sovremennogo estestvoznanija [The successes of modern science]. 10: 95–97. (in Russian)

5. Олейникова О.Н. 2005. Социальное партнерство в профессиональном образовании. М., Центр изучения проблем проф. образования, 82.

Olejnikova O.N. 2005. Social'noe partnerstvo v professional'nom obrazovanii [Social partnership in vocational education]. Moscow, Centr izuchenija problem prof. obrazovanija, 82. (in Russian)

6. Распоряжение Правительства РФ от 7 февраля 2011 г. № 163-р «О Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2011 – 2015 годы». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55070647/#ixzz3y0Fmmfp6 (8 декабря 2015).

Rasporjazhenie Pravitel'stva RF ot 7 fevralja 2011 g. № 163-r «O Koncepcii Federal'noj celevoj programmy razvitija obrazovanija na 2011 - 2015 gody» [On the Concept of the Federal target program of education development for 2011 – 2015 years]. [Electronic resource]. - URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55070647/#ixzz3y0Fmmfp6 (accessed 8 December 2015). (in Russin).

7. Силкина Н.А. 2014. Организация профориентационной работы с учащейся молодежью на промышленных металлургических предприятиях: проектный подход. Автореф. дис. … канд. социол. наук. Белгород, 21.

Silkina N.A. 2014. Organizacija proforientacionnoj raboty s uchashhejsja molodezh'ju na promyshlennyh metallurgicheskih predprijatijah: proektnyj podhod. [Organization of professional orientation work with students on the industrial metallurgical enterprises: the project approach]. Abstract. dis. … kand. sociol. sciences. Belgorod, 21. (in Russian)

8. The Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). Available at: http://www.oecd.org (accessed 18 November 2015).

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

УДК 338.4

ОСОБЕННОСТИ КОНКУРЕНТНОЙ БОРЬБЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ

FEATURES OF THE COMPETITIVE TRANSPORT ENGINEERING COMPANIES IN THE LIMITED COMPETITION

Т.Л. Оганесян, Е.А. Григорьева, Е.В. Фоменко
T.L. Oganesyan, E.A. Grigorieva, E.V. Fomenko

Кубанский государственный технологический университет, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Кубанский социально-экономический институт, Россия, 350075, г. Краснодар, ул. Камвольная 3

Kuban State technological University, 2, Moskovskaya St., Krasnodar, 350072, Russia

Kuban Social and Economic Institute, 3, Kamvolnaya St., Krasnodar, 350075, Russia

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

Аннотация. Деятельность российских промышленных предприятий осуществляется в крайне сложных условиях, что в значительной мере усугубляется отраслевым хаосом и неопределенностью в организации конкурентного взаимодействия участников рынка. Задекларированная в качестве базового принципа организации российской рыночной модели хозяйствования конкуренция из продуктивного механизма устойчивого развития стала инструментом, обеспечивающим возможность реализации средств и методов недобросовестного воздействия, злоупотребления доминирующим положением, антиконкурентных действий.

Resume. Activity of the Russian industrial enterprises is carried out in the extremely difficult conditions that is considerably aggravated branches chaos and uncertainty of the organizations of competitive interaction of market participants. The competition declared as the basic principle of the organization of the Russian market model of managing from the productive mechanism of a sustainable development became the tool providing the possibility of realization of means and methods of unfair influence, abuse of dominance, anti-competitive actions.

Ключевые слова: промышленное предприятие, транспортное машиностроение, недобросовестная конкуренция, модели хозяйствования, антиконкурентные действий.

Key words: industrial enterprise, transport machinery, unfair competition, model of managing, anti-competitive actions.

Введение

Декларирование принципа свободной конкуренции, не подкрепленное эффективным организационно-экономическим и методическим обеспечением деятельности промышленных предприятий в части разработки и реализации конкурентных стратегий, а также государственных органов защиты и регулирования конкурентных процессов, привело многие отечественные отрасли промышленного производства к бедственному положению, обусловленному не в последнюю очередь излишней либерализацией конкурентных процессов, отсутствием эффективных отраслевых систем барьеров конкуренции, недостаточным понимаем роли конкуренции и конкурентной среды как поддающемуся стратегическому управленческому воздействию носителя процессов конкуренции.

Целью исследования является анализ особенностей организации конкурентных процессов в отрасли промышленности с ограниченной конкуренцией – транспортном машиностроении России.

Охарактеризована отраслевая система барьеров развития конкуренции, приведены экспертные оценки участников рынка, характеризующие особенности управления предприятиями на рынках промышленной продукции с ограниченной конкуренцией [1].

Объекты и методы исследования

Для более точной характеристики процессов ограниченной конкуренции в рассматриваемой отрасли и исследования особенностей восприятия процессов ограниченной конкуренции предприятиями-участниками рынка было осуществлено комплексное исследование.

Данные о производственной мощности крупнейших российских предприятий, производящих грузовые вагоны, и уровне ее использования приведены в табл. 1. Из приведенных данных видно, что крупнейшим производителем грузовых вагонов в России в 2013 г. являлось ОАО «НПК «Уралвагонзавод»», выпустившее в отчетном году 24 050 вагонов, что обеспечило ему 40,52% общего объема производства в сегменте.

Таблица 1
Table 1

Производственная мощность ведущих производителей отрасли и уровень ее использования
Production capacity of the leading manufacturers of the industry and the level of use

Предприятие	Производственная мощность	Выпуск грузовых вагонов за 2013 г.
ЗАО «Промтрактор»	6000 вагонов в год	4760
ЗАО «Трансмашхолдинг» ОАО «Брянский машиностроительный завод»	5000 вагонов в год	4652
ОАО «Алтайвагон»	9000 вагонов в год	7753
ОАО «Армавирский завод тяжелого машиностроения»	1800 вагонов в год	1525
ОАО «НПК «Уралвагонзавод»»	25 000 вагонов в год	24050 (в том числе 19589 полувагонов, 5350 цистерн)
ОАО «Рузхиммаш»	8000 вагонов в год	5502
ОАО «Тихвинский вагоностроительный завод»	13 000 вагонов, 65 000 колесных пар. 90 тыс.тонн стального ж\д литья в год	
ОАО «Энгельсский завод металлоконструкций»	4700 вагонов в год	4682

На втором месте с производством 7753 вагона в 2013 г. находилось ОАО «Алтайвагон», на третьем – ОАО «Рузхиммаш» (5502 вагона). Отметим также, что на долю производителей, не вошедших в выборку, пришлось в 2013 г. 11,74% выпуска (при этом на каждого из них приходилось гораздо меньшее число выпущенных вагонов в сравнении с крупнейшими представителями рынка).

Характеристика производственного цикла крупнейших производителей отрасли приведена в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Характеристика производственного цикла предприятия
Characteristics of the production cycle of the enterprise

Предприятие	Характеристика производственного цикла
1	2
ЗАО «Промтрактор»	Основные цеха: УССК, малых серий, вагоносборочный, разборки и подготовки вагонов, ходовых частей. Заготовительные цеха: кузнечно-штамповочный с отделением по механообработке, транспортный с 30 километрами железнодорожных путей необщего пользования
ЗАО «Трансмашхолдинг» ОАО «Брянский машиностроительный завод»	Вагонное производство (4 цеха - заготовительный, вагонносдаточный, рам и тележек, малярно-кузовной, 2 участка, 5 отделов), Металлургическое производство (объединяет 8 цехов, в том числе сталелитейный, чугунолитейный, кузнечно-прессовый, прокатный, пружинный и 4 отдела),
ОАО «Алтайвагон»	Полный цикл обработки деталей и сборки вагонов (литье - металлообработка - сборка - окраска)
ОАО «Армавирский завод тяжелого машино-	Полный цикл обработки деталей и сборки вагонов (литье - металлообработка - сборка - окраска)
ОАО «НПК «Уралвагонзавод»»	Металлургическое, вагоносборочное, механосборочное, ремонтно-механическое, инструментальное производства, производство нестандартизированного оборудо-
ОАО «Рузхиммаш»	Полный цикл обработки деталей и сборки вагонов (литье - металлообработка - сборка - окраска)
ОАО «Тихвинский вагоностроительный завод»	Современное производство полного технологического цикла по выпуску грузовых вагонов нового поколения с улучшенными эксплуатационными характе-
ОАО «Энгельсский завод металлоконструк-	Полный цикл обработки деталей и сборки вагонов (литье - металлообработка - сборка - окраска)

Результаты

Из приведенных данных видно, что все крупнейшие предприятия отрасли обладали полным циклом производства, включавшим в себя литье, последующую металлообработку, сборку и окраску готовых вагонов, при этом масштабом деятельности отличалось ОАО «НПК «Уралвагонзавод»», имевшее в своем составе 4 конструкторских бюро и два института, и по сути являясь вертикально интегрированным промышленным комплексом. Необходимо отметить также появление на рынке нового игрока – ОАО «Тихвинский вагоностроительный завод», который должен ознаменовать новый этап в развитии отрасли транспортного машиностроения России, поскольку представляет собой самое современное и одно из самых масштабных предприятий анализируемой отрасли. Из приведенных данных видно, что в части ассортимента выпускаемой продукции в отрасли были два несомненных лидера с непересекающимся между собой ассортиментом: ОАО «НПК «Уралвагонзавод»» (19 типов вагонов, преимущественно полувагоны) и ОАО «Рузхиммаш» (48 моделей со специализацией на выпуске цистерн) [2].

Остальные участники рынка предпочитали выпускать продукцию в наиболее массовом субсегменте грузовых полувагонов различных модификаций, которые были в большей мере востребованы потребителями.

Дальнейшее исследование в части отношения представителей предприятий к конкуренции, характеристика конкурентной стратегии предприятий-участников исследования, состояние инновационно-конкурентной деятельности, анализ перспектив развития предприятия в контексте отраслевой Стратегии развития было осуществлено в форме глубинного структурированного интервью с представителями топ-менеджмента крупнейших предприятий сегмента, В соответствии с Кодексом исследований ECOMAR, ответы респондентов будут представлены в обобщенном виде, кроме случаев, характерных для конкурентной деятельности отдельных предприятий.

Отношение к отраслевой конкуренции среди представителей крупнейших российских производителей грузовых вагонов следует оценить как консервативно-умеренное. Все предприятия отметили наличие сформированных не менее чем на 75% портфелей заказов, причем подавляющая часть заказов была размещена на условиях предварительного финансирования, что снижало финансовые риски производителей. Несмотря на значительный масштаб тендерной деятельности в отрасли, фактически тендеры на поставку грузовых вагонов в 2012–2013 гг. выигрывали не наиболее эффективные поставщики, а производители, обладавшие незагруженной производственной мощностью (такая ситуация характерна в условиях ажиотажного спроса, значительно превышаю-

щего масштабы деятельности и производственную мощность действующих производителей). В части конкурентной стратегии только два из восьми производителей охарактеризовали ее как действия, направленные на ведение полноценной конкурентной борьбы; 5 из 8 производителей охарактеризовали свою конкурентную стратегию как сосуществование с конкурентами; один узкоспециализированный производитель вообще отметил фактическое отсутствие конкуренции с другими производителями [3].

В части функциональных направлений конкурентной стратегии производители указали ограниченный набор инструментов конкуренции, реально применяемый в 2012–2013 гг., в который входили прежде всего ценовой мониторинг конкурентных предложений, участие в стратегических альянсах (прежде всего в некоммерческом партнерстве «Союз вагоностроителей»), участие в тендерах на поставку подвижного состава. При этом методы и средства ценовой конкуренции не использовались из-за имеющегося дефицита продукции на рынке. Наоборот, отечественные производители часто диктовали потребителям свои условия договоров за счет того, что продукция ближайших конкурентов – украинских производителей железнодорожных вагонов, была скомпрометирована рядом имевших место аварий, причиной которых служило разрушение несущей конструкции вагона (производственный брак). Производитель из Краснодарского края отметил попытки ведения недобросовестной конкуренции, выраженные в дискредитации производителя и выпускаемой им продукции за счет распространения заведомо ложных сведений.

Все производители, участвующие в исследовании, принимали участие в отраслевых или межотраслевых стратегических альянсах, являясь самостоятельными вертикально интегрированными промышленными комплексами (ОАО «НГЖ Уралвагонзавод»), либо участвуя в технологических переделах (ОАО «Рузхиммаш» в составе группы «Базовый элемент», стратегический альянс ОАО «Армавирский завод тяжелого машиностроения» и «Азовэлектросталь», «Бежицкий сталелитейный завод», «Промтрактор-Промлит»). Такое участие позволяло максимизировать экономическую эффективность работы предприятия либо за счет участия в вертикальной цепочке создания добавленной стоимости, либо за счет полного ее охвата, либо за счет экономической целесообразности приобретения машинокомплектов, либо отдельных узлов и деталей для последующей сборки [2].

Представители предприятий охарактеризовали отраслевую среду как сложившуюся, отличающуюся стабильностью и значительным потенциалом роста внутреннего производства, направленного на импортозамещение. Был отмечен факт первого за последние 30 лет создания нового предприятия в отрасли, инвестиции в которое составили более 30 млрд. рублей (которое, впрочем, тоже не обеспечивает полного импортозамещения грузовых вагонов). При этом респонденты отметили структурообразующую роль ОАО «РЖД» и его естественно-монопольный статус как одну из причин относительной отраслевой стабильности в 2008–2013 гг. Перспективы развития конкурентной среды отрасли были охарактеризованы респондентами как умеренно-стабильные, хотя появление на рынке многочисленных владельцев мелких, средних и крупных парков грузовых вагонов было воспринято неоднозначно. С одной стороны, этот факт должен положительно повлиять на объемы производства продукции и оказания услуг в отрасли за счет децентрализации финансовых потоков собственников подвижного состава и повышения уровня их заинтересованности в инновационных разработках, а также качественном и своевременном ремонте имеющегося парка. С другой стороны, в отрасль железнодорожных грузоперевозок должны прийти эффективные собственники, намеревающиеся осуществлять в ней долговременную деятельность, в то время как сегодня эта сфера находится в стадии перехода от монополии к монопольной конкуренции. Исходя из опыта реструктуризации других отраслей промышленности, по мнению респондентов, такой переход означает, прежде всего, снижение интенсивности воспроизводственных процессов, т.е. процесса замены устаревающего парка грузовых вагонов, срок эксплуатации которых будет искусственно увеличиваться [4].

Экспертная оценка уровня недобросовестной конкуренции в отрасли респондентами была сильно дифференцирована. Кубанский производитель привел факт недобросовестной конкуренции 2012 г., остальные же производители не ощущали последствий недобросовестной конкуренции в своей деятельности на внутреннем рынке.

Степень свободы конкуренции в отрасли была охарактеризована респондентами дифференцировано. С одной стороны, никаких препятствий к освоению смежных сегментов рынка грузовых вагонов, либо к разработке инновационных образцов продукции производителями, не отмечено. С другой стороны, барьер входа в отрасль в виде инвестиций, необходимых для открытия нового предприятия, составляет не менее 30 млрд рублей, а при освоении нового производства в рамках действующего предприятия – не менее 8–10 млрд рублей. Себестоимость разработки нового типа вагона собственными силами от экспериментального образца до запуска в серийное производство составляет 15–30 млрд рублей, причем экономическая эффективность подобных разработок в настоящее время подвергается сомнению в силу ажиотажного спроса на уже освоенную и выпускаемую продукцию. Инновационная продукция также характеризуется значительно более высокой ценой, которая не всегда компенсирует увеличенный межремонтный интервал.

Представители предприятий-производителей осторожно рассматривали перспективы иностранных производителей на российском рынке грузовых вагонов, сильно дифференцировав свои оценки в отношении производителей из стран бывшего СССР (Украина, Казахстан, Грузия) и из стран дальнего зарубежья. Продукция из стран бывшего СССР занимала значительную долю на внутреннем российском рынке в 2010–2011 гг. с устойчивой тенденцией к росту, при этом наибольшей активностью характеризовались украинские вагоноремонтные заводы, прежде всего, Крюковский вагоноремонтный завод (г. Кременчуг), ОАО «Азовмаш», ОАО «Днепровагонмаш».

Продукция производителей из дальнего зарубежья тревожила отечественных производителей грузовых вагонов намного меньше, поскольку ценовое конкурентное преимущество в этом случае было весьма значительным.

Отметим при этом, что производители из дальнего зарубежья предпочитали фокусировать свою деятельность на внутреннем рынке подвижного состава и сегментах пассажирских вагонов, локомотивов, вагонов метро и электропоездов.

Охарактеризовать инновационно-конкурентную активность отечественных производителей в 2011–2013 гг. в отрасли транспортного машиностроения (сегмент грузовых вагонов) можно следующим образом: объем финансирования инновационной деятельности лишь на двух из восьми предприятий-участников исследования позволял говорить об инновациях в части разработки и внедрения отдельных узлов и агрегатов грузовых вагонов. Наибольшей инновационностью продукции в отрасли отличается ОАО «Тихвинский вагоностроительный завод», официально открытое 30 января 2012 г. Продукция завода – четыре типа грузовых вагонов нового поколения совместной разработки американской компании Starfire Engineering&Technologies и отечественного Инженерного Центра Вагоностроения на базе тележки типа Barber S-2-R с осевой нагрузкой 23,5 тс и 25 тс разработки Standard Car Truck (корпорация Wabtec, США). В создании современного производства и инновационной продукции использованы инженерно-технические, конструкторские и технологические решения от передовых мировых компаний (Германия, Австрия, Великобритания, Словения, Канада, Испания, США, Чехия, Бельгия, Финляндия). Проектированием завода, его технологическим вооружением, управлением строительными работами, а также сдачей в эксплуатацию занималась израильская группа компаний «BARAN» и инжиниринговая компания ЗАО «ИСМ» (совместное предприятие группы ИСТ и Baran Group) [2].

Перспективы развития собственных предприятий в 2012–2016 гг. были оценены респондентами следующим образом. В качестве основных целей развития респонденты отмечали необходимость реализации проектов по расширению производственной мощности на фоне имеющего место значительного дефицита предложения на внутреннем рынке грузовых вагонов. При этом основным приоритетом развития являлось развитие литейного производства и технологического передела металлообработки, направленные на увеличение абсолютного размера производственной мощности отдельных предприятий-производителей. Отдельные респонденты отмечали необходимость усиления внутриотраслевого взаимодействия, использования в производственном цикле машинокомплектов и отдельных узлов (деталей) сторонних, в том числе иностранных производителей. Респонденты сошлись во мнении об отсутствии перспектив стратегического перехода в отрасли на перспективу 2012–2016 гг., достаточно скептически оценив перспективность масштабных инвестиционных вложений в инновации в этом сегменте рынка подвижного состава. Главным приоритетом развития на 2012–2016 гг. респонденты считали повышение экономической эффективности действующего производства и его экстенсивный рост.

Конкурентная стратегия как отдельный документ, характеризующий функциональное направление общей стратегии развития предприятия, на всех восьми опрошенных предприятиях отсутствовала, лишь на одном предприятии она есть в описании стратегии развития предприятия. При этом конкурентная стратегия представляла собой совокупность принципов ведения конкуренции, являясь частью общей товарно-ресурсной стратегии развития предприятия. Такое положение дел указывало на спокойное отношение производителей к конкуренции в ближайшей и среднесрочной перспективе и отсутствие реальной потребности в разработке конкретных мероприятий и программ конкурентной борьбы.

На 2012–2016 гг. предприятия-производители прогнозировали устойчивый рост конъюнктуры спроса на грузовые железнодорожные вагоны, объясняя это примерами из международной практики. При этом основным сдерживающим фактором роста общего парка грузовых вагонов производители называли неразвитость системы железнодорожных путей По этому показателю российская железнодорожная транспортная система значительно отстает от американского и немецкого аналога. Рост спроса на железнодорожные вагоны обеспечивается также готовностью лизинговых компаний и банков осуществлять финансирование сделок по их приобретению, что в свою очередь объясняется масштабностью и низкой рискованностью подобных сделок в сравнении с другими видами транспорта. По мнению респондентов, по итогам 2014 г. не менее 20% объема сегмента грузовых вагонов на внутреннем российском рынке занято импортом, причем главной причиной этого является дефицит производственных мощностей отечественных производителей [3].

Производители скептически оценивали необходимость и готовность собственных предприятий к резким изменениям спроса, справедливо указывая на его устойчивое повышение. Даже ввод в эксплуатацию нового крупного отраслевого игрока не сможет, по мнению, респондентов, переломить в ближайшей перспективе тенденцию системного превышения спроса над предложением, такая ситуация, по консервативным прогнозам, может сложиться к 2018–2020 годам.

Все предприятия-участники исследования имели сформированные на период 2012–2016 гг. планы корпоративного развития, главным пунктом которых являлось увеличение текущей производственной мощности, особенно в части исходных переделов (литье и металлообработка).

Выводы

Таким образом, проведенное исследование позволило получить следующие результаты.

Расчет конкурентоспособности продукции национального машиностроительного комплекса на внутреннем рынке указывает на некоторое ее снижение в 2013 г. после стабилизации 2009–2012 гг.: в этих периодах в среднем 54% внутреннего рынка машиностроительной продукции контролировалось отечественными производителями, 46% приходилось на долю импорта, значение которого усилилось в 2012 г., составив 49%. Отметим, что эта оценка является обобщающей и в разрезе отдельных отраслей может и должна быть уточнена. Вместе с тем, наличие более чем 145 млрд долл. экспорта машиностроительной продукции с устойчивой тенденцией к его увеличению как в абсолютном, так и в относительном измерении (в части конкурентоспособности на внутреннем российском рынке) при надлежащей организации могут и должны стать резервом роста результативности и экономической эффективности отечественных машиностроительных предприятий.

За счет импортозамещения в транспортном машиностроении России возможно открытие более чем 167 новых предприятий (либо пропорциональное увеличение производственных мощностей и уровня их загрузки на действующих предприятиях), увеличение численности занятых в отрасли более чем на 8 тыс. чел., повышение бюджетной эффективности работы предприятий отрасли (выраженной в приросте масштабов налоговых поступлений) на 18,36 млрд руб.

Расчетные данные убедительно свидетельствуют о необходимости управляемого развития отрасли транспортного машиностроения национального машиностроительного комплекса России, которое обеспечит комплексный эффект, выраженный в росте экономической эффективности действующих предприятий и создании новых, росте занятости и бюджетной эффективности работы предприятий. При этом необходима разумная политика ограничения конкуренции, с одной стороны, направленная на устойчивый рост импортозамещения, а с другой – учитывающая отраслевую специфику и не способствующая возникновению дефицита подвижного состава у потребителей.

Основные сегменты внутреннего рынка продукции транспортного машиностроения характеризуются ограниченной конкуренцией, главной причиной которой является отраслевая система барьеров конкуренции. При этом отсутствует прямая связь между уровнем ограниченности конкуренции в отрасли (охарактеризованным в соответствии со структурным подходом к конкуренции) и ценами на продукцию отрасли, а также на темпы обновления подвижного состава. Стоит отметить, что ограниченная конкуренция в отрасли на протяжении 1990–2013 гг. стала одним из факторов ее сохранения как отраслевой экономической системы, в то время как остальные отрасли российского машиностроения находятся в гораздо более бедственном положении.

Результаты авторского исследования особенностей организации конкурентной деятельности на крупнейших предприятиях-производителях грузовых вагонов в России позволили получить следующие характеристики состояния конкуренции в отрасли и оценки ее значимости в корпоративном и отраслевом развитии:

- уровень загрузки производственных мощностей предприятий транспортного машиностроения в сегменте грузовых вагонов в 2010–2013 гг. приближался к 100%, именно это обстоятельство стало причиной масштабного импорта подвижного состава, а также появления на рынке нового крупного современного машиностроительного предприятия. В ближайшей перспективе прогнозируется увеличение производственной мощности крупнейших игроков рынка, что может способствовать некоторому обострению конкурентных процессов в отрасли;
- представители крупнейших предприятий-производителей железнодорожных вагонов отметили наличие в деятельности их предприятий целой системы барьеров сдерживающих неуправляемое развитие конкурентных процессов, главными из которых являются барьеры входа в отрасль и барьеры стоимости разработки и серийного выпуска новых образцов продукции;
- незначительный уровень конкуренции в отрасли нашел свое отражение в практически полном отсутствии конкурентных стратегий и фактической реализации отдельных принципов ведения конкурентной борьбы в деятельности предприятий-участников исследования. Кроме того, в отрасли отсутствуют реальные стимулы к качественному увеличению масштабов инновационно-конкурентной деятельности, поскольку спрос на грузовые вагоны существенно превышал их пред-

ложение в 2009–2013 гг., и подобная тенденция сохранится, по прогнозам производителей, до 2015 г.;

- магистральным трендом развития предприятий сегмента производства грузовых вагонов в ближайшей и среднесрочной перспективе является экстенсивное развитие производственной мощности в основных технологических переделах, особенно в железнодорожном литье и металлообработке (производстве машинокомплектов для сборки грузовых вагонов), а также использование машинокомплектов иностранных, в первую очередь, украинских и китайских производителей;

несмотря на формальное обозначение в отраслевой Стратегии развития отрасли транспортного машиностроения проблем инвестиционной, инновационной и конкурентной деятельности промышленных предприятий, производители крайне скептично оценили ее реальную результативность из-за отсутствия финансирования деятельности предприятий или их объединений, а также концентрации внимания только на сегменте производства локомотивов в ущерб остальным сегментам отрасли;

- влияние процессов конкуренции на отраслевое развитие в анализируемой отрасли следует оценить как незначительное, при этом, с одной стороны, неуправляемое развитие конкуренции не смогло нанести значительного вреда отраслевым и корпоративным хозяйственным связям и бизнес-процессам, а с другой – не способствует ускорению темпов инновационно-конкурентной активности, недостаточно стимулирует научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы на предприятиях отрасли, что находит свое выражение в отсутствии качественного роста факторной конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Список литературы
References

1. Анурин В., Муромкина И., Евтушенко Е. 2014. Маркетинговые исследования потребительского рынка. СПб., Питер.

Anurin V., Muromkin I., Evtushenko E. 2014. Marketing researches of the consumer market. St. Petersburg, Peter.

2. Беспалько В.А., Григорьева Е.А. 2014. Управление деятельностью промышленных предприятий на рынках с ограниченной конкуренцией. Краснодар, Парабеллум, 161.

Bespal'ko V.A., Grigoriev E.A. 2014. Management of the industrial enterprises in markets with limited competition. Krasnodar, Parabellum, 161.

3. Беспалько В.А. 2014. Конкурентная устойчивость как приоритет корпоративной системы управления конкурентоспособностью промышленного предприятия. Методология управления инновационной деятельностью экономических систем. СПб., СПбГПУ.

Bespal'ko V. A. 2014. Competitive sustainability as a priority of corporate management system of industrial enterprise competitiveness. Methodology of management of innovative activity of economic systems. St. Petersburg.

4. Беспалько В.А. 2013. Особенности организации конкурентных процессов и оценка конкурентной активности предприятий транспортного машиностроения России. Практический маркетинг, 11: 3–15.

Bespal'ko V. A. 2013. Features of organization competitive processes and evaluation of competitive activity of enterprises of transport engineering in Russia. Practical marketing, 11: 3–15.

5. IRIS – Система менеджмента качества предприятий железнодорожной промышленности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.finexcons.ru/services/for_the_rail_industry/sistema_menedjmenta/IRIS, услуги по внедрению IRIS. URL: http://www.uicc.ru/191.

УДК 338.45:65.015.2

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА В ОТРАСЛЯХ С НЕШТУЧНЫМ УЧЕТОМ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

AN INTEGRATED APPROACH TO THE DETERMINATION OF THE DURATION OF THE PRODUCTION CYCLE IN INDUSTRIES WITH NESTUCCA BASED MANUFACTURED PRODUCTS

Г.Ю. Муравьева
G.Yu. Muraveva

Костромской государственный технологический университет, Россия, 156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17

Kostroma state technological University, Dzerzhinsky St., 17, Kostroma, 156005, Russia

E-mail: g35533@yandex.ru

Аннотация. В статье проведен анализ литературных источников и доказана необходимость разработки методики определения длительности производственного цикла в производствах, ведущих учет выпускаемой продукции по метражу, по весу, по объему или по площади. Предложен авторский подход к определению отдельных элементов времени. Разработана методика определения технологического времени, основанная на учете длительности выработки продукции на выпускном (ведущем, головном) оборудовании и учета времени наработки передаточных партий на предыдущих и последующих переходах.

Resume. In the article the analysis of literary sources and the necessity of developing a methodology to assess the duration of the production cycle in industries, leading to the accounting of products by the meter, by weight, by volume or by area. The author's approach to definition of separate elements of time. The technique of determining technological time-based duration of performance at graduation (master, head) equipment and accounting of operating time of the conveying parties on the previous and subsequent transitions.

Ключевые слова: длительность производственного цикла, технологическое время, срок исполнения заказа, учет продукции, передаточная партия.

Key words: cycle times, process time, turnaround time, product accounting, transfer party.

Введение

При заключении договоров на изготовление продукции специалисты планово-экономических отделов предприятий сталкиваются с необходимостью выполнения расчетов по определению стоимости и сроков исполнения заказа. Если определить денежные затраты на выполнение заказа достаточно просто, т.к. методики расчетов давно отработаны, то сделать расчеты по определению длительности изготовления партии продукции в ряде случаев весьма затруднительно. Вопросы определения длительности производственного цикла детально проработаны в машиностроении и приборостроении [3, 4], в швейной промышленности [8], на предприятиях полиграфической отрасли [6], то есть на производствах, где существует штучный учет полуфабрикатов и готовой продукции (в штуках, изделиях). Для этих производств подробно описаны виды движения (последовательный, параллельный, последовательно-параллельный и др.), выведены формулы для расчета длительности обработки, даны рекомендации по применению каждого конкретного вида движения [5].

Но в обрабатывающей промышленности существуют отрасли, где учет выпускаемой продукции ведут в других единицах измерения. Так, например, в текстильной промышленности учет ткани ведут по метражу (м), а пряжи – по весу (кг, тонны); на деревообрабатывающих предприятиях учет готовой продукции и полуфабрикатов – по площади (м^2) и по объему (м^3). Как показывает практика, на предприятиях с нештучным учетом разработанные методики использовать нельзя. В настоящее время на таких предприятиях для определения времени исполнения заказа расчет длительности производственного цикла выполняется прикидочно, из опыта работы при выпуске похожей продукции, что не всегда позволяет точно определить в какие сроки будет выполнен заказ. Если время изготовления – критичный показатель, то владелец заказа может либо потребовать уложить-

ся в более короткие сроки, либо попробовать разместить заказ у другого исполнителя. Как в первом, так и втором варианте развития событий предприятие не заинтересовано. Из вышесказанного следует, что возникает необходимость разработки методики расчета длительности производственного цикла для предприятий с нештучным учетом производимой продукции.

В литературе [1] длительностью производственного цикла называется «период времени, в течение которого продукт проходит последовательно все стадии производственного процесса, начиная с запуска сырья в производство и кончая сдачей готовой продукции на склад». При расчете длительности производственного цикла необходимо учитывать время обработки исходного сырья на всех технологических операциях, время транспортировки полуфабрикатов и выполнения операций технического контроля, время протекания естественных процессов и время перерывов в производственном процессе. В литературе [1] авторы приводят формулу для определения длительности цикла, однако рекомендаций по расчету элементов, входящих в нее, не предложено:

$$T_Ц = \sum t_{TEX} + \sum t_{TP} + \sum t_{KOH} + \sum t_{ECT} + \sum t_{M.O.} + \sum t_{M.CK} + \sum t_{M.C.}$$

где t_{TEX} – сумма продолжительностей технологической обработки на всех операциях технологического цикла;

t_{TP} – сумма продолжительностей транспортирования выпускаемой продукции;

t_{KOH} – сумма продолжительностей операций технического контроля;

t_{ECT} – время протекания естественных процессов.

t_{MO} – время межоперационных перерывов.

$t_{M.CK}$ – время нахождения полуфабрикатов в межцеховых складах.

$t_{M.C.}$ – время междусменных перерывов.

Наиболее сложным для расчета является технологическое время t_{TEX}, на нем подробнее остановимся ниже. Длительность транспортирования t_{TP} определяется исходя из расстояния и скорости транспортирования. Время выполнения операций по контролю качества продукции t_{KOH}, как правило, устанавливается в технологических картах. Длительность времени протекания естественных процессов t_{ECT} (если такие имеют место) приводится в справочной литературе по технологии выработки продукции. При определении длительности цикла междусменные перерывы t_{MC} следует рассчитывать [2], исходя из графиков работы основных производств предприятия. Межоперационные перерывы t_{MO} определяются опытным путем, но в условиях налаженного технологического процесса величина их незначительна и в ряде случаев ею можно пренебречь.

В литературе [7] предложена авторская методика определения технологического времени для отдельной технологической операции. Методика разработана для текстильных предприятий, но может быть использована и для других отраслей обрабатывающей промышленности. Технологическое время зависит от ассортимента продукции и, соответственно, трудоемкости ее изготовления, применяемой техники и технологии, способа выработки изделий, механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций. Расчет технологического времени составляет основную трудность при обосновании времени длительности производственного цикла.

Результаты исследований

На предприятиях обрабатывающей промышленности технологический процесс организован в соответствии с принципом параллельности, предполагающим одновременное выполнение работ на всех стадиях производства различными его звеньями.

По опыту работы предприятий известно, что переработка полуфабриката на технологической операции начинается лишь после того, как на него поступит продукт с предыдущей операции, накопленный в определенном количестве – в размере передаточной партии. Ее размер должен быть минимальным, но достаточным для полной загрузки оборудования на последующей технологической операции. На разных технологических переходах величина передаточной партии может быть различна. Она зависит от вида производимой продукции, от вида и качества сырья, применяемого технологического режима.

Представим процесс изготовления продукции, состоящий из пяти технологических операций, и его распределение во времени в виде схемы (рис. 1), при этом четвертая технологическая операция выполняется на выпускном оборудовании. Во всех отраслях обрабатывающей промышленности используется понятие выпускного (ведущего, головного) оборудования. Оно характеризуется следующими признаками:

а) стоимость данного оборудования занимает значительную долю в общей стоимости всего оборудования;

б) на данной операции относительно высокая трудоемкость технологического процесса производства продукции;

в) сложность и ответственность выполняемых операций (значимость работ);

г) высокая степень загрузки оборудования (интенсивность работ).

Другими словами, ведущим считается то подразделение, в котором сосредоточена наибольшая часть основных фондов, и которое занимает наибольший удельный вес в общей трудоемкости изготовления продукции (в машиностроении – это механические и механосборочные цеха, в текстильной промышленности – прядильные и ткацкие цеха, в деревообрабатывающей промышленности – цеха с прессовыми установками).

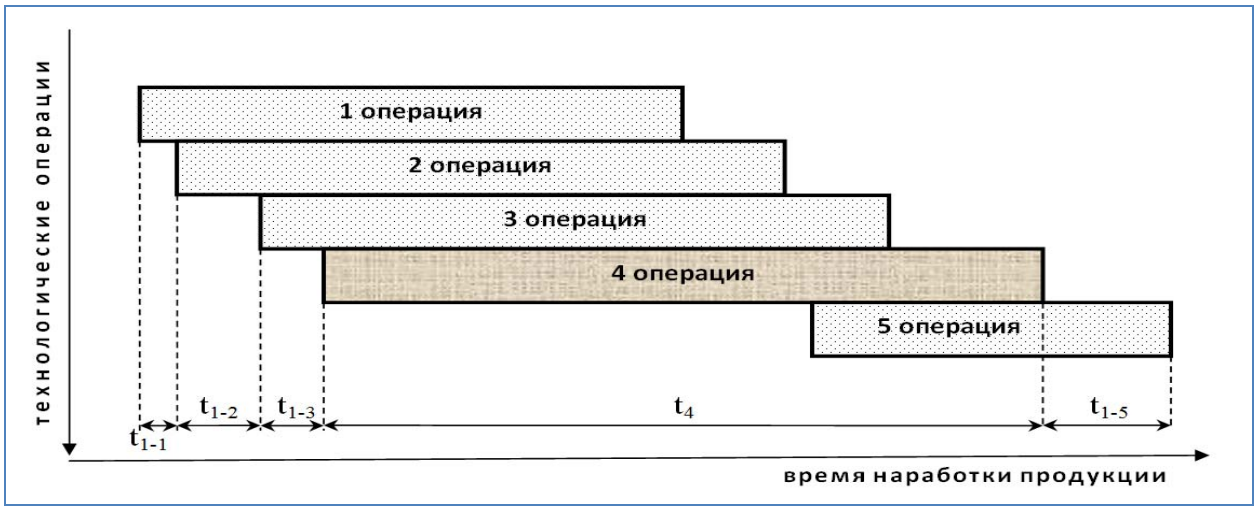


Рис. 1. Длительность технологического времени изготовления продукции
Fig. 1. Duration of technological time of production

На рисунке 1 видно, что общее технологическое время выработки продукции будет складываться из времени наработки одной (первой) передаточной партии на первой, второй и третьей операциях, времени выработки продукции на четвертой операции и времени переработки одной (последней) передаточной партии на заключительной – пятой операции,

т.е. $t_{TEX} = t_{1-1} + t_{1-2} + t_{1-3} + t_4 + t_{1-5}$

Расчет технологического времени в отраслях с нештучным учетом выпускаемой продукции можно представить в виде формулы:

$$t_{TEX} = \sum_{i=1}^{n-1} t_{1i} + t_{TEX}^{ВЫП},$$

где n – количество технологических операций при производстве продукции;

t_{1i} –время наработки одной передаточной партии на i-той операции;

$t_{TEX}^{ВЫП}$ – время выработки продукции на выпускном (ведущем, головном) оборудовании.

Вывод

В отраслях с нештучным учетом продукции при определении длительности производственного цикла в расчете технологического времени необходимо учитывать время ее выработки на выпускном (ведущем, головном) оборудовании, время наработки первой передаточной партии на всех предшествующих переходах и последней передаточной партии на последующих переходах.

На разных технологических переходах величина передаточной партии различна. Она может отличаться и на одинаковых переходах при выработке разной продукции. В этом случае размер передаточной партии зависит от вида производимой продукции, вида сырья, применяемого технологического режима. Таким образом, для определения длительности производственного цикла необходимо использовать комплексный подход с учетом специфики работы предприятия.

Список литературы
References

1. Анцибор Г.А., Брагина З.В., Бородина Н.С. 1989. Организация и планирование производства (текстильная промышленность). М., Легпромбытиздат, 304.

Ancibor G.A., Bragina Z.V., Borodina N.S. 1989. Organizaciya i planirovanie proizvodstva (tekstilnaya promishlennost). M., Legprombitizdat, 304.

2. Бородина Н.С., Муравьева Г.Ю. 2014. Обоснование длительности производственного цикла в льняной промышленности. Вестник Костромского государственного технологического университета. Серия «Экономические науки», 1(4): 57–62.

Borodina N.S., Muraveva G.Yu. 2014. Obosnovanie dlitelnosti proizvodstvennogo cikla v lnyanoi promishlennosti. Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Seriya «Ekonomicheskie nauki», 1(4): 57–62.

3. Крайкова Т.Г. 1969. Длительность производственного цикла (нормирование и контроль в условиях мелкосерийного производства). М., Машиностроение, 104.

Kraikova T.G. 1969. Dlitelnost proizvodstvennogo cikla (normirovanie i kontrol v usloviyah melkoseriinogo proizvodstva). M., Mashinostroenie, 104.

4. Крутихин А.Д. 2010. Автоматизированная оценка длительности производственного цикла изготовления высокотехнологичных изделий для машиностроения. Автореф. дис. ... канд. технич. наук. Ижевск, 24.

Krutihin A.D. 2010. Avtomatizirovannaya ocenka dlitelnosti proizvodstvennogo cikla izgotovleniya visokotehnologichnih izdelii dlya mashinostroeniya. Avtoref. dis. ... kand. tehnich. nauk. Ijevsk, 24.

5. Котел К. 1984. Организация производства на предприятии. Сокр. пер. с венг. М., Экономика, 168.

Kotel K. 1984. Organizaciya proizvodstva na predpriyatii. Sokr. per. s veng. M., Ekonomika, 168.

6. Масло А.В. 2010. Управление длительностью производственного цикла (на примере упаковочного производства) Автореф. дис. ...канд. экон. наук. Москва, 27.

Maslo A.V. 2010. Upravlenie dlitelnostyu proizvodstvennogo cikla (na primere upakovochnogo proizvodstva) Avtoref. dis. ...kand. ekon. nauk. Moskva, 27.

7. Муравьева Г.Ю. 2015. Методический подход к расчету технологического времени при производстве льняной пряжи. Вестник Костромского государственного технологического университета. Серия «Технические науки», 1(34): 3–11.

Muraveva G.Yu. 2015. Metodicheskii podhod k raschetu tehnologicheskogo vremeni pri proizvodstve lnyanoi pryaji. Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Seriya «Tehnicheskie nauki», 1(34): 3–11.

8. Овчинников С.И., Пушкин П.С. 1980. Организация и планирование предприятий легкой промышленности. М., Легкая индустрия, 360.

Ovchinnikov S.I., Pushkin P.S. 1980. Organizaciya i planirovanie predpriyatii legkoi promishlennosti. M., Legkaya industriya, 360.

УДК 631.145

ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРАРНОЙ ОТРАСЛИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

PROBLEMS AND POSSIBILITIES OF THE PERSONNEL'S TRAINING FOR THE ENTERPRISES OF AN AGRARIAN BRANCH OF THE VOLGOGRAD REGION

Л.В. Объедкова, Т.В. Опейкина
L.V. Obedkova, T.V. Opeykina

Волгоградский государственный университет, Россия, 400062, г. Волгоград, проспект Университетский, 100

Волгоградский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации, Россия, 400002, г. Волгоград, ул. Новосибирская, 76

Volgograd State University, 100 Universitetskiy Prospect, Volgograd, 400062, Russia

Volgograd cooperative Institute (branch) of Russian University of cooperation, 76 Novosibirskaya Street, Volgograd, 400002, Russia

E-mail: laravik@bk.ru, otv06@bk.ru

Аннотация. Эффективное функционирование сельскохозяйственных предприятий во многом определяется состоянием и развитием персонала. В статье анализируются вопросы подготовки кадров для сельского хозяйства и приведены результаты обучения персонала сельскохозяйственных предприятий как на федеральном, так и на региональном уровнях. В частности, использованы статистические и аналитические данные, в которых проанализирован образовательный уровень кадров в аграрном секторе Волгоградского региона. Авторами также рассмотрена система образования аграрного профиля и кооперативного образования. Авторами подчеркивается, что развитие аграрной отрасли во многом связано с проведением образовательной реформы и расширением мер государственной поддержки, включая создание многоуровневой системы сельскохозяйственного образования и развитие региональных образовательных кластеров.

Resume. Effective functioning of agricultural enterprises in many respects is defined by the state and the development of the personnel. In the article the questions of training for agriculture are analyzed and the results of the personnel's training of agricultural enterprises, both on federal, and on regional levels are given. In particular statistical and analytical data are used, in which the staff's educational level of the Volgograd region's agriculture is analyzed. In addition to that an education system of an agrarian profile and a cooperative education is considered by the authors. It is emphasized by the authors that the development of an agrarian branch is in many respects is connected with carrying out an educational reform and the expansion of the state support's measures, including the creation of multilevel system of an agricultural education and the development of regional educational clusters.

Ключевые слова: человеческие ресурсы, образовательный уровень персонала, система обучения в АПК, образование, сельское хозяйство, образовательный кластер аграрного профиля.

Key words: human resources, educational level of the personnel, system of training in agrarian and industrial complex, education, agriculture, educational cluster of an agrarian profile.

Введение

В современных условиях основными ресурсами становятся не только технологии, но и знания. Поэтому обучение персонала становится ключевым элементом в менеджменте любого предприятия. В нашей стране вопросы подготовки специалистов всегда играли ключевую роль как для социально-экономического, так и политического развития государства. Мировая практика также доказала, что именно инвестиции в человеческие ресурсы приносят наибольший эффект, поскольку интеллектуальные способности и уровень компетентности работников – это стандарты, которые определяют границы новой экономики – экономики знаний.

Как правило, обучение рассматривается как длительный процесс, одним из начальных этапов которого становится обучение в высшем учебном заведении. Оно представляет собой процесс целенаправленного, организованного, планомерного и систематического овладения знаниями, умениями, навыками и способами общения под руководством опытных преподавателей, наставни-

ков, специалистов, руководителей [7]. При этом вузовское обучение имеет целый ряд особенностей, среди которых, в первую очередь, следует отметить прагматическую направленность, приближенную к предстоящей практической производственной деятельности [2].

Результаты исследований

Для современных российских предприятий проблема обучения и развития человеческих ресурсов также очевидна и актуальна, как и для зарубежных. И наиболее остро этот вопрос стоит перед предприятиями аграрного сектора. К сожалению, приходиться констатировать, что сельское хозяйство – это практически единственная отрасль, где доля кадров, имеющих профессиональное образование, за последнее десятилетие значительно уменьшилось. Не секрет, что к работе после окончания высшего учебного заведения или колледжа приступают лишь 20% выпускников [13]. Большинство из них остаются в городе или трудоустраиваются не по специальности, а в условиях низкой заработной платы и коммерциализации образования многие выпускники сельских школ или уже работающие специалисты не могут себе позволить продолжить обучение и получить к примеру, высшее образование. Приходиться констатировать также, что происходит сокращение специалистов и с высшим образованием (59 %,), и со средним специальным образованием 39%. Кроме того, наблюдается сокращение доли наиболее опытных руководителей и специалистов в возрасте от 30–55 лет (4–5%) [3]. В то же время именно образовательный уровень руководителей и специалистов и создает тот необходимый для развития сельскохозяйственного производства кадровый потенциал. Будущее устойчивого развития АПК… «будет решаться людьми, их квалификацией, умением, трудовой мотивацией и культурой. Поэтому обучение и переобучение, повышение квалификации, формирование кадров приобретают решающее значение для всех сфер комплекса» [5].

Следовательно, ситуация с кадрами в аграрном секторе остается весьма сложной, и по большей части, она затрагивает многие аграрные регионы нашей страны. И это несмотря на то, что, в целом на сегодняшний день по стране в системе высшего образования работает 59 аграрных вузов и 25 учреждений дополнительного профессионального образования. Подготовка кадров с высшим профессиональным образованием осуществляется по 122 специальностям и 70 направлениям бакалавриата и магистратуры. Подготовку кадров со средним профессиональным образованием осуществляют 26 высших учебных заведений по 51 специальности. По программам высшего профессионального образования обучаются 429,2 тыс. студентов (в том числе 197,8 тыс. – очно), а также 9,5 тыс. аспирантов и докторантов; по программам среднего профессионального образования – 25,6 тыс. чел. [14]. В них ведется обучение как по традиционным для сельского хозяйства направлениям, так и по современным специальностям: зоотехния, механизация, агрономия, экономические специальности, маркетинговые услуги, информационные технологии и др. При этом около 87% от общего количества студентов аграрных вузов обучается исключительно по специальностям сельскохозяйственного профиля. Кроме того, к аграрным вузам в течение последних десяти лет присоединены 22 техникума, 41 институт повышения квалификации, один НИИ. В то же время статистика показывает следующие данные относительно уровня образования работников за 2013 год (табл. 1). К сожалению, аналогичной информации, касающейся 2014–2015 годов авторам статьи обнаружить на сайте Росстата не удалось.

Таблица 1
Table 1

Численность работников сельского хозяйства, прошедших обучении (по субъектам РФ, 2013)
The number of agriculture's workers who were trained (on the territorial subjects of the Russian Federation, 2013)

Субъекты РФ	Прошли профессиональное обучение в отчетном году – всего человек	в том числе по программам		
		профессиональной подготовки по профессиям рабочих, служащих	переподготовки рабочих, служащих	повышение квалификации рабочих, служащих
Российская Федерация	1991937	546973	327776	1154589
Центральный федеральный округ	472534	140885	75649	265828
Северо-Западный федеральный округ	213953	60723	31961	126178
Южный федеральный округ	160916	52024	26171	85202
Северо-Кавказский федеральный округ	35973	11242	6485	18480
Уральский федеральный округ	269805	67139	44109	162875

Как известно, за последнее десятилетие аграрный сектор нашей страны достиг значительных успехов, в том числе и в Волгоградской области. Традиционно она является агропромышленным регионом нашей страны. За последние годы область не утратила свою аграрную специализацию, сохранив как крупное производство, так и малые формы хозяйствования, включая кооперативное производство. Наш регион продолжает оставаться одним из крупнейших производителей сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации. По размерам сельскохозяйственных земель и сельхозугодий Волгоградская область занимает 3 место в России, уступая первенство Алтайскому краю и Оренбургской области [4]. Ведущей отраслью сельского хозяйства региона является растениеводство. В структуре валовой продукции сельского хозяйства оно составляло в разные периоды от 60 до 70 процентов. За последнее десятилетие Волгоградская область увеличила валовой сбор овощей в 6,3 раза. Так в 2015 г. было посеяно яровых зерновых и масличных культур на площади 1568,9 тыс. га, что на 18,5% выше уровня соответствующего периода прошлого года [12]. Традиционно наш регион занимает основное место в рейтинге лучших производителей овощной и бахчевой продукции (по итогам 2013 года – 3-е место по России с 800 тыс. тонн овощей и 400 тыс. тонн картофеля). Общим итогом работы АПК Волгоградской области в прошлом году стало 4-е место нашего региона в рейтинге Российской Федерации по производству подсолнечника, 9-е место – по производству зерна и 3-е место – по производству овощей [6].

На протяжении многих лет Волгоградская область относится к тем регионам Российской Федерации, где крестьянские (фермерские) хозяйства, личные подсобные хозяйства и сельскохозяйственная кооперация формируют основу как агропромышленного комплекса, так и экономики региона в целом. При этом развитие малых форм хозяйствования является безусловным приоритетным направлением в аграрной экономике региона, несмотря на то, что в структуре АПК Волгоградской области занято 230 тыс. человек или 18 % от общей численности населения, занятого в экономике [4].

По данным статистики, в Волгоградской области в настоящее время фермерские хозяйства производят 14 % от всей выращенной сельскохозяйственной продукции и 40% – от продукции собственников личных подворий [10]. Малые формы хозяйствования обеспечивают содержание 281,0 тыс. голов крупного рогатого скота, что составляет 85 % их общей численности, в том числе 141,7 тыс. голов коров (88 %); 664,0 тыс. голов овец и коз (83 %), 5516,0 тыс. голов птицы (57%).

По состоянию на 1 января 2015 г. в Волгоградской области имелось 10,9 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств, 240,5 тыс. личных подсобных хозяйств, 165 сельскохозяйственных потребительских кооперативов (табл.2).

Таблица 2
Table 2

Валовая продукция АПК Волгоградской области, млрд. рублей
Gross output of agrarian and industrial complex of the Volgograd region, one billion rubles

Показатели	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2014 г. в % к 2013 г. (в сопоставимых ценах)
Валовая продукция сельского хозяйства	83,9	89,9	108,5	108,7
В том числе:				
растениеводства	53,3	61,0	74,4	109,9
животноводства	30,6	28,9	4,1	106,4

На наш взгляд, положительные результаты в развитии аграрного сектора Волгоградской области были бы еще более заметными, если бы не проблема дефицита высококвалифицированных работников. Подготовка специалистов для аграрного сектора в нашем регионе осуществляется в рамках многоуровневой системы образования по всему спектру специальностей и направлений, востребованных агропромышленным комплексом Волгоградской области. Однако проблема повышения образовательного уровня работников сельского хозяйства остается весьма актуальной. По данным мониторинга обеспеченности кадрового состава руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций, их образовательный уровень во многом не соответствует современным реалиям. Анализ последнего показал, что 71% главных специалистов, работающих на предприятиях АПК Волгоградской области, имеют высшее профессиональное образование, 28% - среднее профессиональное, а 1% – не имеют профессионального образования [15]. В отношении руководителей статистика показывает такие данные: только 56% из этой категории работающих имеют высшее образование, 32 % - среднее профессиональное, а 12% - это, так называемые, практики (люди, не имеющие специального образования) (рис. 1).

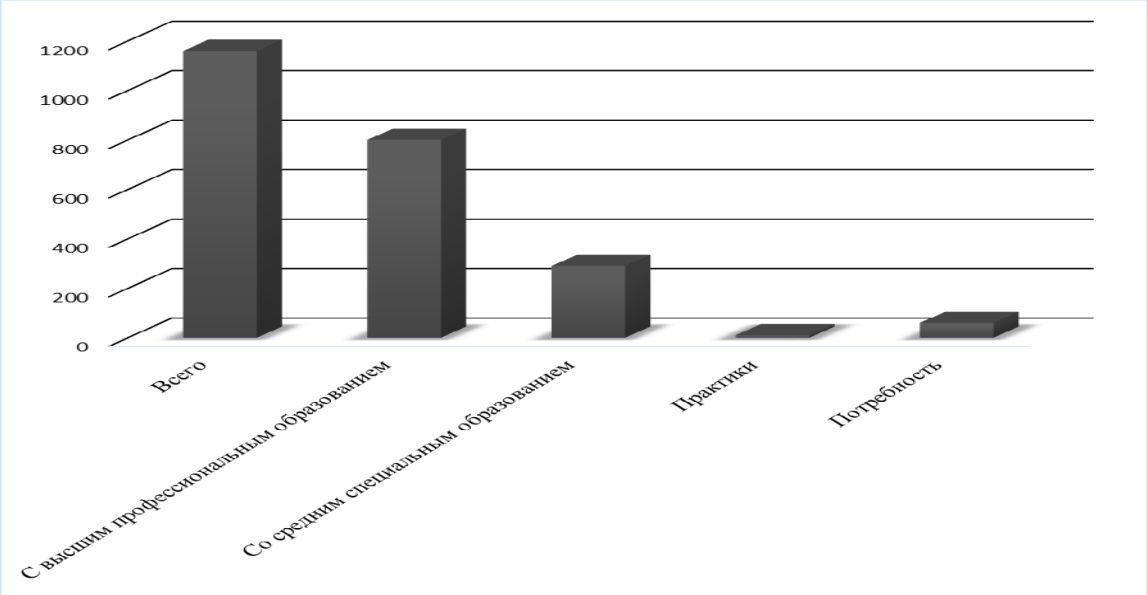


Рис. 1. Образовательный уровень главных специалистов сельскохозяйственных организаций Волгоградской области
Fig. 1. Educational level of chief specialists of the Volgograd region's agricultural organizations

Кроме того, в подготовке кадров для предприятий аграрного сектора явно присутствует еще одна проблема – «старение» персонала. Анализ показывает, что основной состав руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий (около 60 %) находятся в возрастной категории 40–59 лет. Специалисты в активной стадии профессиональной карьеры (от 25 до 39 лет) составляют всего лишь 34 %. (табл.3) [15].

Таблица 3
Table 3

Возрастной состав руководителей и специалистов АПК Волгоградской области
Age structure of heads and experts of the Volgograd region's agrarian and industrial complex

Наименование должностей	Возрастные категории, (% / чел)				
	До 30 лет	30-39 лет	40-49 лет	50-59 лет	60 лет
руководители	4 % (39)	19 % (187)	35,6% (351)	34,4 % (338)	7 % (67)
главные специалисты	7,8 % (92)	23,3% (276)	40,1% (476)	23,3 % (276)	5,5 % (66)
специалисты	16,6 % (392)	27% (639)	29,4% (696)	23% (544)	4 % (93)
Всего :	11,5 % (523)	24,2% (1096)	33,6% (1523)	25,6% (1158)	5 % (226)

Несмотря на существующие трудности в кадровом обеспечении, проблеме подготовки специалистов для предприятий агропромышленного комплекса в Волгоградской области всегда уделялось достаточное внимание. Она, на наш взгляд, носит комплексный и системный характер и представляет собой основу для формирования кадрового потенциала региона.

В нашем регионе в течение более 70 лет функционирует аграрный вуз, около 20 лет – филиал Российского университета кооперации и уже 50 лет работает система дополнительного образования сельхозтоваропроизводителей. Работники сельского хозяйства области имеют возможность проходить обучение как по краткосрочным программам обучения, к примеру, в рамках повышения квалификации, так и дополнительным программам профессиональной переподготовки, получения второго высшего и дополнительного образования. Повышение образовательного уровня для агропромышленного комплекса нашего региона имеет весьма важное значение, во-первых, оно оказывает непосредственное влияние на экономическую эффективность самого сельскохозяйственного предприятия, а во-вторых, способствует развитию непосредственно сельской территории и муниципального образования в целом [11].

За 70 лет функционирования Волгоградский государственный аграрный университет подготовил более 60 тысяч выпускников. Как показали результаты анкетирования, проведенного среди выпускников Волгоградского государственного аграрного университета, 59% опрошенных уже

определились с местом предстоящей работы, из них 40% планируют найти себя в сфере АПК, 75% – работать по специальности в сельской местности [18].

Еще одним учебным заведением, осуществляющим подготовку специалистов для сельского хозяйства и организаций сельхозкооперации, является Волгоградский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации. Он создан Постановлением Президиума Правления Центросоюза Российской Федерации № 319-П от 15 июля 1996 года.

Волгоградский кооперативный институт представляет собой многоуровневый учебно-научно-воспитательный комплекс, являясь важной составной частью автономной некоммерческой организации высшего профессионального образования Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации» и региональной системы кооперации. За время своего существования он развился от учебно-консультационного пункта до института. По основным показателям деятельности и развитию материально-технической базы Волгоградский кооперативный институт занимает ведущее место на рынке образовательных услуг региона, входя в семерку крупнейших вузов Волгоградской области. В настоящее время Волгоградский кооперативный институт, благодаря своей активной образовательной политике, является крупнейшим филиалом в Волгоградской области.

Миссия института состоит в том, чтобы способствовать социально-экономическому развитию региона, осуществляя подготовку высокопрофессиональных специалистов, формируя гармонично развитых личностей, учитывая требования потребителей образовательных услуг, кооперативных организаций и других работодателей, эффективно используя интеллектуальный потенциал профессорско-преподавательского состава, реализуя инновации в сфере профессионального образования.

Отражением реализации заявленной миссии служат данные о численности выпускников за все время существования института (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Численность выпускников Волгоградского кооперативного института (филиала) Российского университета кооперации (чел.)
Number of graduates of Volgograd Cooperation Institute (branch) of Russian Cooperation University (people)

Год выпуска	Очное отделение	Заочное отделение	Всего
1998	-	145	145
1999	-	198	198
2000	-	165	165
2001	-	374	445
2002	-	506	711
2003	314	790	1104
2004	507	1083	1590
2005	484	1319	1803
2006	486	991	1477
2007	198	706	904
2008	313	71	868
2009	163	205	849
2010	254	774	1028
2011	277	768	1045
2012	207	698	905
2013	183	870	1053
2014	134	796	930
2015	74	543	617
Всего	3594	11989	15583

Кроме того, в институте реализуется ряд социально ориентированных программ, начинаний и проектов, имеющих региональное значение, среди которых необходимо отметить следующие:

- реализация программы развития потребительского рынка, торговли и конкурентных отношений в Волгоградской области. В данную программу были внесены такие социально значимые и социально ориентированные разделы, как изучение платежеспособности населения, дисконтная политика в сельских районах, мероприятия по возрождению кооперативных форм организации экономико-хозяйственной деятельности в отдаленных населенных пунктах;

- развитие системы переподготовки и повышения квалификации работников потребительской кооперации и потребительского рынка Волгоградской области.

Однако следует констатировать, что на сегодняшний день в агропромышленном комплексе Волгоградской области остро стоит вопрос формирования новой кадровой политики, в которой ключевое значение отводится мероприятиям по обучению работников сельскохозяйственных предприятий, особенно в части подготовки, переподготовки и повышения квалификации с учетом современных тенденций в науке и передовой практике ведения аграрного производства. Причины негативных тенденций снижения образовательного уровня работников сельского хозяйства, на наш взгляд, разноплановы. Это и неравномерное размещение производительных сил в сельских территориях, и невысокая инвестиционная привлекательность сельских поселений, и недостаточное качество рабочей силы, и слабая конкурентоспособность сельских кадров на городских рынках труда, и неразвитость рынка труда и жилья на селе, уменьшение мер поддержки со стороны государственных органов власти, а также центробежные процессы в структуре управления сельским хозяйством как целостной системы и др. Учитывая вышеизложенное, нам представляется возможным предложить меры следующего содержания по преодолению существующих отрицательных тенденций. Необходимо восстановить механизм подготовки кадров для аграрного сектора на основе традиционной для нашей страны схемы обучения: «наука-образование- производство», ранее успешно применявшейся в советский период. Например, еще в 2008 году силами преподавателей Волгоградского государственного аграрного университета и специалистов Волгоградского областного потребительского сельскохозяйственного кредитного кооператива (ВОПСКК) «Содружество» была осуществлена подготовка 168 преподавателей вузов России по потребительской кооперации, а в ноябре 2014 года была разработана и осуществлена программа обучения глав сельских поселений по программе «Менеджмент комплексного развития сельских территорий», в соответствии с которой прошли обучение управленцы 25 сельских поселений Урюпинского района [9]. Кроме того, как мы уже отмечали ранее, основной структурой в плане подготовки кадров для кооперации в нашем регионе является Волгоградский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации. Институт готовит специалистов как для системы потребительской кооперации, так и для иных сфер народного хозяйства области.

Еще одной мерой в решении вопроса подготовки кадров и повышения образовательного уровня работников аграрного бизнеса должно быть создание многоуровневой системы сельскохозяйственного образования, а именно интеграция сельскохозяйственных вузов с сельскохозяйственными колледжами и другими средними профессиональными заведениями. Другими словами, речь идет о формировании образовательных кластеров аграрной направленности. Образовательный кластер – это, с одной стороны, совокупность взаимосвязанных учреждений профессионального образования, объединенных по отраслевому признаку и партнерскими отношениями с предприятиями отрасли; с другой – система обучения, взаимообучения и инструментов самообучения в инновационной цепочке «наука-технология-бизнес», основанная преимущественно на горизонтальных связях внутри цепочки [16]. Кластерный подход в образовании предполагает, прежде всего, взаимо- и саморазвитие субъектов кластера «в процессе работы над проблемой», осуществляемое на основе устойчивого развития партнерства, усиливающего конкретные преимущества как отдельных участников, так и кластера в целом [1]. Отличительная особенность любого кластера заключается в целевой ориентации (природная, предпринимательская, образовательная и др.). Образовательный сельскохозяйственный кластер в этом плане реализует такие цели, как подготовка кадров, профессиональная ориентация и трудоустройство выпускников, обеспечение рынка труда региона специалистами среднего и высшего звена по востребованным направлениям, обеспечение тесной связи обучения с практикой, непрерывное профессиональное образование и решение реальных кадровых потребностей в наличии рабочих мест на селе.

В настоящее время в нашей стране образовательные кластеры разделены на две группы. Первая группа – региональные кластеры. Они формируются на базе высших учебных заведений, НИИ, опытно-конструкторских бюро, в их состав входят профтехучилища, колледжи, техникумы аграрного профиля, производственные предприятия, а в отдельных случаях речь может идти и об учреждениях начального профессионального образования. Ко второй группе относятся межрегиональные кластеры, отражающие интеграцию на уровне соседних регионов. В настоящее время уже сформировался определенный алгоритм создания кластера [17]. Первый этап рассматривается как подготовительный. Его задача состоит в определении потребности в образовательном кластере, в разработке соответствующей стратегии и рабочей группы по его формированию. Затем следует этап идентификации региональных кластеров и их отбор. При этом осуществляется внешний и внутренний анализ экономики региона. На третьем этапе происходит непосредственное функционирование кластера и разрабатываются меры по поддержке его развития. В отдельных регионах подобная практика уже успешно осуществляется. В качестве примера следует назвать такие регионы как Челябинская область, Республика Татарстан, Липецкая область, Ростовская область, Тверская область, Кемеровская область и др. Именно кластеры являются для России реальным шансом создания си-

стемы современных промышленных платформ в АПК с учетом специфических отечественных цивилизационных оснований [8]. Волгоградская область также постепенно переориентирует свои целевые программы развития на реализацию такого подхода (рис 2.).

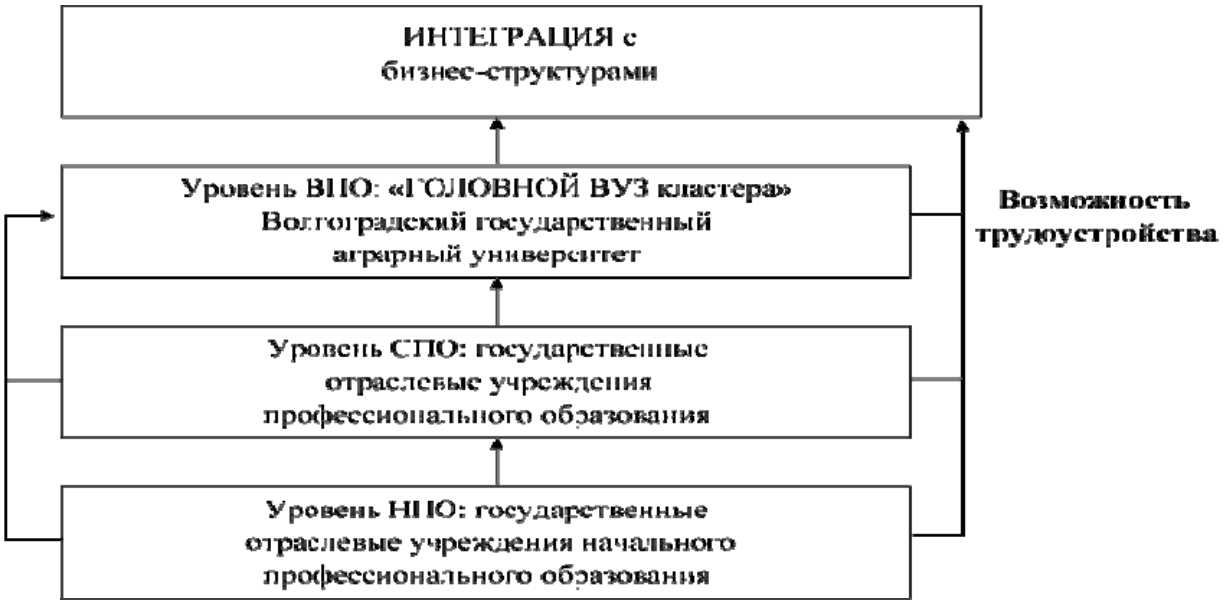


Рис. 2. Возможная структура аграрного образовательного кластера Волгоградской области
Fig. 2. A possible structure of an agrarian educational cluster of the Volgograd region

Будущий региональный аграрный образовательный кластер предполагает создание вертикально-ориентированной цепочки поэтапной подготовки, в которую войдут Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоградский технологический колледж и ряд учебных заведений, осуществляющих начальную профессиональную подготовку.

Выводы

Исходя из вышесказанного, хотелось бы отметить, что развитие отраслей аграрного сектора во многом зависит от профессионализма и квалификации его работников. В Волгоградской области сформирована солидная научная и образовательная система обучения специалистов, включающая как аграрный университет, так и отраслевые научно-исследовательские институты в области земледелия, агролесомелиорации, производства и переработки мясомолочной продукции, эколого-мелиоративных технологий, гидротехники и мелиорации.

Однако мы полагаем, что преодоление проблем подготовки кадров (системных, структурных, ресурсных и пр.) зависит от многих обстоятельств, которые в большинстве своем связаны с решением, прежде всего, комплекса проблем социально-экономического и инфраструктурного обустройства сельских территорий. Сельские территории как социально-территориальная подсистема общества и государства выполняют две важнейшие функции – производственную и демографическую. Первая – традиционно направлена на решение вопросов обеспечения продовольственной безопасности и сырьевой базы, а вторая – на увеличение демографического потенциала страны. Следовательно, обучение, трудоустройство квалифицированных специалистов и закрепление их на селе продолжают оставаться одной из приоритетных и стратегических задач как в отношении формирования кадрового потенциала, так и в отношении социального развития сельской местности.

Список литературы
References

1. Бойцов А.С., Костяев А.И. 2009. К вопросу о теории кластеров и кластерном подходе. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 10: 25–31.

Boytsov A.S., Kostyaev A.I. 2009. K voprosu o teorii klasterov i klasternom podhode. Ekonomika selskohozyaystvennyih i pererabatyivayuschih predpriyatiy, 10: 25–31.

2. Вачков И.В., Гриншпун И.Б., Пряжников Н.С. 2007. Введение в профессию психолог. М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж.: Издательство НПО «МОДЭК», 464.

Vachkov I.V., Grinshpun I.B., Prjazhnikov N.S. 2007. Vvedenie v professiju psiholog: M.: Izdatel'stvo Moskovskogo psihologo-social'nogo instituta; Voronezh: Izdatel'stvo NPO «MODJeK», 464.

3. Герасимова Н.В. 2011. Инновационному агропроизводству – высококвалифицированные кадры. Экономика сельского хозяйства. 2: 34–45.

Gerasimova N.V. 2011. Innovacionnomu agroproizvodstvu – vysokokvalificirovannye kadry. Jekonomika sel'skogo hozjajstva. 2: 34–45.

4. Инвестиционная стратегия Волгоградской области на период до 2020 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.investvolga.com/upload/documents/proectstrategiVO 2020.docx (23 января 2016).

Investicionnaja strategija Volgogradskoj oblasti na period do 2020. [Electronic resource]. - URL: www.investvolga.com/upload/documents/proectstrategiVO2020.docx (23 yanvarya 2016).

5. Иншаков О.В. 1995. Механизм социально-рыночной трансформации и устойчивого развития АПК России. Волгоград.: Изд-во ВолГУ, 450.

Inshakov, O.V. 1995. Mehanizm social'no-rynochnoj transformacii i ustojchivogo razvitija APK Rossii. Volgograd.: Izd-vo VolGU, 450.

6. Итоги и перспективы сельского хозяйства Волгоградской области [Электронный ресурс]. - Режим доступа: //http://agroday.ru/analytics/itogi_i_perspektivy_selskogo_hozjaistva_volgogradskoi_oblasti (25 января 2015).

Itogi i perspektivy sel'skogo hozjajstva Volgogradskoj oblasti. [Electronic resource]. - URL: //http://agroday.ru/analytics/itogi_i_perspektivy_selskogo_hozjaistva_volgogradskoi_oblasti (25 yanvarya 2015).

7. Кибанов А.Я. 2013. Управление персоналом организации. М.: Инфра, 695.

Kibanov A.Ja. 2013. Upravlenie personalom organizacii. M.: Infra, 695.

8. Ломовцева О.А., Герасименко О.А. 2015. Приоритеты и механизмы ГЧП в формировании инновационного промышленного комплекса региона Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика, 13–210 (35/1): 5–9.

Lomovceva O.A., Gerasimenko O.A. 2015. Prioritety i mehanizmy GChP v formirovanii innovacionnogo promyshlennogo kompleksa regiona Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika, 13–210 (35/1): 5–9.

9. Менеджмент комплексного развития сельских территорий. Официальный интернет-сайт ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.volgau.com/http (24 января 2015).

Menedzhment kompleksnogo razvitija sel'skih territorij. Oficial'nyj internet-sajt FGBOU VPO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». [Electronic resource]. - URL: http://www.volgau.com/http: (24 yanvarya 2015).

10. Министерство сельского хозяйства Волгоградской области отвечает на вопросы волгоградских фермеров. Фермер. Деловой журнал для владельцев агробизнеса. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: //http://vfermer.ru/rubriki/oficial/171-ministerstvo-selskogo-hozyaystva-volgogradskoy-oblasti-otvechaet-na-voprosy-volgogradskih-fermerov.htm (25 января 2016).

Ministerstvo sel'skogo hozjajstva Volgogradskoj oblasti otvechaet na voprosy volgogradskih fermerov k ferme-ru. Fermer. Delovoj zhurnal dlja vladel'cev agrobiznesa. [Electronic resource]. - URL: //http://vfermer.ru/rubriki/oficial/171-ministerstvo-selskogo-hozyaystva-volgogradskoy-oblasti-otvechaet-na-voprosy-volgogradskih-fermerov.htm (25 yanvarya 2016).

11. Объедкова Л.В., Опейкина Т.В. 2015. Региональные системы кооперации в аграрном секторе: направления и формы развития в современных условиях. В кн. Обеспечение импортозамещения национальной экономики: инструменты и методы. Ставрополь: Издательско-информационный центр «Фабула»: 196–210.

Obedkova L.V., Opejkina T.V. 2015. Regional'nye sistemy kooperacii v agrarnom sektore: napravlenija i formy razvitija v sovremennyh uslovijah. V kN. Obespechenie importozameshhenija nacional'noj jekonomiki: instrumenty i metody. Stavropol': Izdatel'sko-informacionnyj centr «Fabula»: 196–210.

12. Общая оценка социально-экономической ситуации Волгоградской области январь-март 2015 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.fmsvolg.ru/loadFile.php?index=103 (25 января 2016).

Obshhaja ocenka social'no-jekonomicheskoj situacii Volgogradskoj oblasti janvar'-mart 2015 g. [Electronic resource]. - URL: //www.fmsvolg.ru/loadFile.php?index=103 (25 yanvarya 2016).

13. Опейкина Т.В., Объедкова Л.В. 2016. Роль человеческого капитала в развитии предприятий аграрного сектора. В кн. Современное научное знание: теория, методология, практика. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции 30 декабря 2015 г. В 3-х частях. Часть 2. Смоленск.: ООО «НОВАЛЕНСО»:146–150.

Opeikina T.V., Obedkova L.V. 2016. Rol' chelovecheskogo kapitala v razvitii predpriyatii agrarnogo sektora. V kn. Sovremennoye nauchnoye znaniye: teoriya, metodologiya, praktika. Sbornik nauchnih trudov po materialam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 30 dekabrya 2015 g. V 3-H chastyah. Chast' 2.Smolensk.: OOO «NOVALENSO»: 146–150.

14. Оптимизация системы аграрного образования. Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.mcx.ru/news/news/show/8242.355.htm (23 января 2016).

Optimizatsiyz sistemi agrarnogo obrazovaniya. Oficial'nyj internet-portal Ministerstva sel'skogo hozjajstva Ros-sijskoj Federacii. [Electronic resource]. - URL: http://www.mcx.ru/news/news/show/8242.355.htm (23 yanvarya 2016).

15. Рекомендации по подготовке и переподготовке кадров и специалистов Агропромышленного комплекса Волгоградской области. Методические рекомендации по подготовке и переподготовке кадров и специалистов агропромышленного комплекса Волгоградской области с учетом основных направлений научно-технического прогресса и зонального деления территории области. [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

http:// ksh.volganet.ru/export/sites/ksh/folder_3/ folder_5/folder_2/26.http://www.volgau.com/http:// (25 февраля 2015).

Rekomendacii po podgotovke i perepodgotovke kadrov i specialistov Agropromyshlennogo kompleksa Volgogradskoj oblasti. Metodicheskie rekomendacii po podgotovke i perepodgotovke kadrov i specialistov agropromyshlennogo kompleksa Volgogradskoj oblasti s uchetom osnovnyh napravlenij nauchno-tehnicheskogo progressa i zonal'nogo delenija territorii oblasti Jelektron. tekstovye dan. [Electronic resource]. - URL: http:// ksh.volganet.ru/export/sites/ksh/folder_3/ folder_5/folder_2/26.http://www.volgau.com/http:// (25 fevralja 2015).

16. Смирнов А.В. 2010. Образовательные кластеры и инновационное обучение в вузе. Казань.: РИЦ «Школа», 102.

Smirnov A.V. 2010. Obrazovatelnyie klasteryi i innovatsionnoe obuchenie v vuze. Kazan.: RITs «Shkola», 102.

17. Щепакин К.М., Жуков Н.В. 2013. Формирование образовательных кластеров региона. Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки, 3–1: 208–218.

Schepakin K.M., Zhukov N.V. 2013. Formirovanie obrazovatelnyih klasterov regiona. Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki, 3–1: 208–218.

18. Ярмарка вакансий. Официальный интернет-сайт ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.volgau.com/http (24 января 2015).

Jarmarka vakansij. Oficial'nyj internet-sajt FGBOU VPO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». [Electronic resource]. - URL: http://www.volgau.com/http: (24 yanvarya 2015).

МИРОВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

УДК 339.54

ТАМОЖЕННАЯ СЛУЖБА КАК ВАЖНЕЙШИЙ РЕГУЛЯТОР ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА

CUSTOMS SERVICE AS THE MOST IMPORTANT REGULATOR OF FOREIGN ECONOMIC ACTIVITIES TO ENSURE ECONOMIC SECURITY OF THE STATE

О.А. Москаленко, Е.Н. Петрушко, В.В. Шкилев
O.A. Moskalenko, E.N. Petrushko, V.V. Shkilyov

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

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

E-mail: moskalenko_o@bsu.edu.ru, petrushko@bsu.edu.ru, shkilev_v@bsu.edu.ru

Аннотация. Статья посвящена единой системе таможенных органов, которой принадлежит особая роль в разработке и проведении таможенной политики, снижающей угрозы национальной и экономической безопасности, повышающей конкурентоспособность национальной экономики, укрепляющей продовольственную безопасность с помощью применения таможенно-тарифных и нетарифных механизмов регулирования внешнеэкономической деятельности.

Resume. The article is devoted to a single system of customs authorities, which holds a special role in the development and implementation of customs policies that reduce threats to national and economic security, increase the competitiveness of the national economy, strengthening food security through the use of customs tariff and non-tariff mechanisms of regulation of foreign economic activity.

Ключевые слова: внешнеэкономическая деятельность, единая система таможенных органов, национальная безопасность, таможенная служба, экономическая безопасность.

Key words: foreign economic activity, unified system of customs authorities, national security, customs service, economic security.

На современном этапе развития внешнеторговых отношений достаточно много внимания уделяется уровню национальной безопасности государства, и, в особенности, вопросам обеспечения экономической безопасности, достигающихся с помощью научных, экономических, политических, технических, технологических и социальных аспектов и факторов.

Национальная безопасность, включающая государственную, общественную, экономическую, энергетическую, техногенную, экологическую, информационную и личностную, обеспечивается при условии продолжительной стабильности, достаточной защищенности, способности своевременно выявлять опасности и предпринимать меры при условии выполнения комплекса политических, экономических, социальных, здравоохранительных, военных и правовых мероприятий, направленных на обеспечение нормальной жизнедеятельности нации, а также устранение возможных угроз.

Уровень экономической безопасности зависит от геополитического и экономико-географического положения, экономической и военно-политической мощи, ориентации институциональной системы, приоритетов экономической политики, основных направлений деятельности единой системы таможенных органов, параметров и структуры валового внутреннего продукта, наличия резервов стратегически важных материальных благ и т.п. Аспекты деятельности, формирующие эффективный уровень экономической безопасности, сведены: к разработке, принятию и исполнению законодательных актов и нормативно-правовых документов, обеспечивающих функционирование стратегически важных отраслей экономики; контролю исполнения бюджета и предотвращению нецелевого расходования средств; качественным антикоррупционным меропри-

тиям; инвестициям в развитие науки и технологий; модернизации экономической системы управления государством т.д.

Кроме того, значительная роль отводится оптимизации и эффективности деятельности таможенной службы, формирующей федеральный бюджет [9].

Интегрирование экономики страны в мировое хозяйство способствовало коренному реформированию внешнеэкономического комплекса, поскольку трансформирование геополитического положения значительно увеличило роль внешнеэкономического фактора и усилило влияние внешних рынков на национальную экономику [1].

Следует отметить, что планомерное развитие внешнеэкономического комплекса России не возможно без установления межгосударственных основ взаимодействия посредством внешнеэкономических связей между странами. Внешнеэкономические связи представляют собой совокупность механизмов, средств, способов, методов, форм и видов торгово-экономического, научно-технического сотрудничества, осуществляемых на правительственном уровне в торгово-экономическом, производственно-хозяйственном, валютно-финансовом и научно-техническом направлениях между странами с целью рационального использования возможностей общественного разделения труда, преимуществ международных экономических отношений для повышения экономической результативности хозяйственной деятельности и плодотворности проводимой внешнеэкономической политики. Сфера внешнеэкономических связей затрагивает установление межгосударственных основ взаимодействия, сотрудничества, формирование правовых и торговых механизмов, стимулирующих рост эффективности экономических связей. Качественное обеспечение комплекса поставок для государственных нужд и выполнение экономических, валютно-финансовых, монетарно-фискальных, ссудно-кредитных межгосударственных обязательств и межправительственных торговых соглашений составляют основную цель внешнеэкономических связей [10].

Если внешнеэкономические связи – это форма отношений во внешнеэкономической сфере между странами, то внешнеэкономическая деятельность – это обмен товарами, предметами и услугами (внешняя торговля), производственное сотрудничество в виде совместного производства (международная специализация и кооперация), научно-технический обмен, оказание экономической и технологической помощи, валютно-финансовое и иные формы взаимодействия. В страновой структуре внешней торговли России ведущее место занимает Европейский союз, как крупнейший экономический партнер страны. На долю Европейского союза в январе–сентябре 2015 года приходилось 45,6% российского товарооборота, на страны Содружества Независимых Государств – 12,4%, на страны Евразийского экономического союза – 7,8%, на страны Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества – 27,8%. Основными торговыми партнерами России в январе–сентябре 2015 года среди стран дальнего зарубежья были: Китай, товарооборот с которым составил 46,8 млрд долларов США, Германия – 34,2 млрд долларов, Нидерланды – 34,2 млрд долларов, Италия – 24,2 млрд долларов, Турция – 18,1 млрд долларов, Япония – 16,2 млрд долларов, Соединенные Штаты Америки – 15,9 млрд долларов, Республика Корея – 13,3 млрд долларов, Польша – 10,5 млрд долларов, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии – 8,8 млрд долларов [15].

К основным видам внешнеэкономической деятельности следует отнести внешнюю торговлю товарами, услугами, информацией, предметами интеллектуальной деятельности; производственную кооперацию, представленную в форме взаимодействия и взаимозависимости между партнерами в смежных процессах разделения труда; инвестиционное сотрудничество как объединение трудовых, финансовых, технических, технологических и научных ресурсов иностранных партнеров; валютно-банковские и финансово-кредитные операции, сопровождающие коммерческую или предпринимательскую внешнеторговую сделку [6]. «По данным таможенной статистики Федеральной таможенной службы в январе–сентябре 2015 года внешнеторговый оборот России составил 399,2 млрд долларов США, сальдо торгового баланса сложилось положительное в размере 127,5 млрд долларов» [15].

«В настоящее время внешнеэкономическая деятельность России ориентирована на экспорт и требует проведения эффективной государственной таможенной политики, применения таможенных мер внешнеэкономического регулирования (таможенно-тарифного и нетарифного)» [14].

В январе-сентябре 2015 года экспорт важнейших товаров в стоимостном выражении составил «263371,9 млн долларов США, в том числе из стран дальнего зарубежья – 28091,8 млн долларов, из стран-участниц Содружества Независимых Государств – 33318,6 млн долларов; импорт – 135851,5 млн долларов, в том числе из стран дальнего зарубежья – 118465,1 млн долларов, из стран-участниц Содружества Независимых Государств – 15801,1 млн долларов. Основу российского экспорта в страны дальнего зарубежья составили топливно-энергетические товары, удельный вес которых в товарной структуре экспорта в эти страны составил 68%. В январе–сентябре 2015 года по сравнению с январем – сентябрем 2014 года физический объем топливно-энергетических товаров возрос на 6,6%. Среди товаров топливно-энергетического комплекса возросли физические объемы экспорта нефти сырой на 9,6%, электроэнергии – на 11,7%, газа

природного – на 5,8%, нефтепродуктов – на 7,8%, в том числе керосина – на 31,6%, дизельного топлива – на 7,4%» [15].

Сегодня наблюдается тенденция постоянного роста задач, функций, обязанностей, сфер деятельности, контрольно-надзорных процессов в области таможенного дела, которые возлагаются на Федеральную таможенную службу [8].

Являясь неотъемлемой частью экономической и внешнеторговой политики «таможенные органы активно содействуют обеспечению экономической безопасности, направленной на создание достаточного уровня социального, политического и оборонного существования, а также прогрессивному развитию Российской Федерации, основой которого является неуязвимость и независимость ее экономических интересов по отношению к возможным внешним и внутренним угрозам и воздействиям» [12].

Так, среди основных задач таможенных органов особое внимание уделено: реализации единой торговой политики; соблюдению механизмов таможенно-тарифного и нетарифного регулирования; соблюдению законодательных и правовых основ в области внешнеэкономического, внешнеторгового и таможенного регулирования; выполнению результативных контрольных мероприятий за перемещением национальной и иностранных валют, ценных бумаг и дорожных чеков через таможенную границу Таможенного союза и др. [7].

Законодательством Российской Федерации установлены основные функции и обязанности таможенных органов [2], суть которых заключается: в содействии развитию внешней торговли и внешнеэкономической деятельности; реализации мер, направленных на защиту государственной безопасности и общественного порядка; выполнении международных обязательств; осуществлении взаимодействия с компетентными органами и международными организациями, занимающимися вопросами таможенного дела; содействии развитию экспортного и транзитного потенциала; ведении таможенной статистики внешней торговли; взимании таможенных пошлин, налогов, сборов; совершенствовании таможенных процедур, таможенных операций и форм таможенного контроля, а также создании условий, направленных на ускорение товарооборота; соблюдении механизма перемещения грузов через таможенную границу Таможенного союза, а также запретов и ограничений, установленных международными договорами, законодательством государств-членов Таможенного союза и Российской Федерации; реализации компетенций по защите объектов интеллектуальной собственности; выявлении, предупреждении, пресечении, предвидении и анализе преступлений и административных правонарушений, отнесенных к компетенции таможенных органов; содействии в борьбе с коррупцией; противодействии незаконному перемещению товаров, грузов, транспортных средств, культурных ценностей, наркотиков, психотропных средств, оружия и других предметов через таможенную границу Таможенного союза, сопровождающемся нарушением требований таможенного законодательства; осуществлении контроля за валютными операциями, а также за правильностью исчисления и своевременностью уплаты таможенных пошлин, налогов и сборов; информировании и консультировании в области таможенного дела государственных органов, организаций, участников внешнеэкономической деятельности и иных граждан по вопросам таможенного дела и др. [3, 4].

Планомерное и целенаправленное включение России в международную внешнеэкономическую систему с целью формирования обшей системы безопасности, привели к существенным изменениям структуры таможенных органов России, предопределили ее дальнейшее развитие на перспективу, способствовали процессу повсеместного внедрения современных информационных технологий, а также результативному применению механизмов таможенного контроля и координированию товарообмена на территории Таможенного союза. «Согласно информации по линии деятельности организационно-инспекторской службы за 9 месяцев 2015 года по материалам оперативных подразделений Федеральной таможенной службы доначислено денежных средств на сумму более 2,84 млрд рублей; взыскано в федеральный бюджет более 1,1 млрд рублей; возбуждено 1379 уголовных дел, в том числе: за уклонение от уплаты таможенных платежей – 444 дела; по фактам контрабанды наркотических средств, психотропных веществ, их прекурсоров или аналогов – 246 дел; за контрабанду сильнодействующих, ядовитых, отравляющих, взрывчатых, радиоактивных веществ, вооружения и военной техники, стратегически важных товаров и ресурсов или культурных ценностей, особо ценных диких животных и водных биологических ресурсов – 412 дел». За отчетный период должностными лицами таможенных органов «в ходе таможенного контроля лиц, транспортных средств и грузов, следующих через таможенную границу, а также оперативно-розыскных мероприятий, проводимых самостоятельно или во взаимодействии с российскими и зарубежными правоохранительными органами, изъято из незаконного оборота в 637 случаях 1142,84 кг наркотических средств, психотропных и сильнодействующих веществ, а так же выявлено свыше 15 кг сибутрамина и иных сильнодействующих средств. Правоохранительными подразделениями таможенных органов возбуждено 420 уголовных дел по контрабанде наркотиков. Анализ статистических данных правоохранительной деятельности Федеральной таможенной службы «по производству неотложных следственных действий и предварительному расследованию в форме дознания

свидетельствует о том, что в январе–сентябре 2015 года возбуждено 1617 уголовных дел, что на 6,5 % больше показателя 2014 года (1518 дел); в том числе в отношении конкретных лиц возбуждено 1004 уголовных дела, тогда как в аналогичном периоде 2014 года зарегистрировано 961 дело. Стоимость незаконно перемещенных через таможенную границу Таможенного союза товаров составила более 4,7 млрд рублей. Сумма довзысканных неуплаченных таможенных платежей составила 3,1 млрд рублей. В результате принятых мер по установлению фактических обстоятельств совершения противоправных деяний и изобличению виновных лиц подозреваемыми и обвиняемыми в ходе расследования уголовных дел в федеральный бюджет уплачено таможенных платежей на сумму более 76 млн рублей. По подозрению в совершении преступлений таможенными органами задержано 102 лица» [15].

Показатели правоохранительной деятельности по линии административного производства характеризуют результативность и эффективность функционирования таможенной службы. Например, «за январь–сентябрь 2015 года возбуждено 64041 дело об административных правонарушениях, что на 7,7% больше аналогичного показателя 2014 года (59471 дело). Из общего количества дел: 60% приходится на физических лиц, 35% – на юридических лиц, более 4% – на должностных лиц, около 1% – на неустановленных лиц. Наибольшее количество дел об административных правонарушениях возбуждено по фактам недекларирования либо недостоверного декларирования товаров (32%) (от общего количества возбужденных), несоблюдения запретов или ограничений (1%), а также невывоза с таможенной территории Таможенного союза физическими лицами временно ввезенных товаров и транспортных средств в установленные сроки временного ввоза (13%). Предметами административных правонарушений чаще всего являлись автотранспортные средства, табак, валюта, текстильные материалы и изделия, алкогольная продукция, продукция растительного происхождения, а также древесина и изделия из нее. В отчетном периоде по 11880 решениям (постановлениям) судебных органов в уполномоченные органы (организации) передано имущества, обращенного в федеральную собственность, общей стоимостью 3,2 млрд рублей, что на 97% больше, чем в аналогичном периоде прошлого года (1,6 млрд рублей)» [16].

В последнее время особую актуальность приобрела результативная международная деятельность таможенной службы России. Существующие представительства в государствах: Республика Беларусь, Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Абхазия, Южная Осетия, Корея, Индия, Финляндия, Бельгия, Германия, Италия, Китай, Латвия, Япония, Бразилия, Аргентина осуществляют «деятельность в следующих целях: информирования о возможных угрозах экономической безопасности Российской Федерации на основе анализа информации, полученной в стране пребывания; обеспечения выполнения международных обязательств Российской Федерации в области таможенного дела; формирования и совершенствования договорно-правовой базы сотрудничества с таможенной службой страны пребывания; укрепления позиций ФТС России в таможенной службе и деловых кругах страны пребывания; обеспечения выполнения межведомственных договоров между таможенными службами России и страной пребывания; изучения законодательства страны пребывания и выработки предложений по унификации и гармонизации законодательства Российской Федерации в области таможенного дела с международными стандартами.» Кроме того, на представительства (представителей) Федеральной таможенной службы в зарубежных странах возложены следующие функции: «представлять интересы таможенной службы России в стране пребывания в области таможенного дела; обеспечивать взаимодействие и сотрудничество таможенной службы России с таможенными и иными государственными органами, деловыми кругами страны пребывания, международными организациями в области таможенного дела; осуществлять сбор и анализ информации о нормативной и правовой базе таможенной службы страны пребывания, выявлять проблемные вопросы сотрудничества и подготавливать в части своей компетенции предложения для формирования позиции таможенной службы России по их решению; изучать и анализировать опыт работы таможенной службы страны пребывания в области таможенного дела и борьбы с таможенными правонарушениями; участвовать в организации обмена информацией с таможенной службой страны пребывания; осуществлять мониторинг ситуации по товарам и транспортным средствам, перемещаемым между Российской Федерацией и страной пребывания, с целью прогнозирования и выявления причин, препятствующих свободному прохождению грузов; взаимодействовать в рамках своей компетенции и полномочий со средствами массовой информации страны пребывания при освещении вопросов, касающихся таможенного дела; участвовать по поручению Федеральной таможенной службы в мероприятиях различного формата, проводимых по линии таможенного сотрудничества; оказывать содействие в организации и принимать участие во встречах, форумах, семинарах и иных мероприятиях, проводимых по линии таможенных служб России и страны пребывания; рассматривать устные и письменные обращения организаций, учреждений и граждан страны пребывания и граждан России по вопросам, входящим в компетенцию представителей, и направлять ответы заявителям [11]».

На основании вышеизложенного, «одним из важнейших элементов системы государственного управления внешнеполитическими связями является единая система таможенных органов

Российской Федерации» [13], и в особенности, таможенно-тарифный механизм, без которого проводить эффективную и грамотную экономическую политику невозможно. В условиях развития международных отношений, возобновления основных направлений таможенной политики, как стабилизатора внешнеэкономических связей, развития внешнеэкономической деятельности, регулятора торговли и финансов возрастает сущность и значение таможенных органов в государственном устройстве, проявляющееся в целенаправленном выполнении функций и задач, направленных на защиту национальных и экономических интересов государства, и заключающееся в усилении их фискальной функции. Также, отмечается планомерное усиление основных функций процесса управления единой системой таможенных органов Российской Федерации: планирования, прогнозирования, организации, учета и контроля, посредством которых таможенные органы обеспечивают защиту экономических интересов как Российской Федерации, так и Таможенного союза в целом [1].

Следовательно, единой системе таможенных органов Российской Федерации принадлежит особая активная и значимая роль в разработке и проведении таможенной политики, которая снижает внутреннюю и внешнюю угрозы национальной и экономической безопасности страны, повышает конкурентоспособность национальной экономики, укрепляет продовольственную безопасность страны и т.д. при помощи применения таможенно-тарифных и нетарифных механизмов регулирования внешнеэкономической деятельности.

Список литературы
References

1. Договор о Евразийском экономическом союзе (в ред. от 10.10.2014, с изм. от 08.05.2015) : подписан в г. Астане 29 мая 2014 г. 2015. Собр. законодательства Рос. Федерации. № 8: Ст. 1107.

Dogovor o Evraziyskom ekonomicheskom soyuze (v red. ot 10.10.2014, s izm. ot 08.05.2015) [Tekst]: podpisan v g. Astane 29 maya 2014 g. 2015. Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federatsii. № 8: St. 1107 (in Russian)

2. О таможенном регулировании в Российской Федерации: федер. закон от 27 ноября 2010 г. № 311-ФЗ (ред. от 13.07.2015). 2010. Российская газета. № 269.

O tamozhennom regulirovanii v Rossiyskoy Federatsii [Tekst]: feder. zakon ot 27 noyabrya 2010 g. № 311-FZ (red. ot 13.07.2015). 2010. Rossiyskaya gazeta. № 269. (in Russian)

3. О внесении изменений в Стратегию развития таможенной службы Российской Федерации до 2020 года, утвержденную распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 2575-р : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 612-р (ред. от 15.04.2014). 2014. Собр. законодательства Рос. Федерации. № 18: Ст. 2220.

O vnesenii izmeneniy v Strategiyu razvitiya tamozhennoy sluzhby Rossiyskoy Federatsii do 2020 goda, utverzhdennuyu rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 28 dekabrya 2012 g. № 2575-r [Tekst]: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 15 aprelya 2014 g. № 612-r (red. ot 15.04.2014). 2014. Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federatsii. № 18: St. 2220 (in Russian)

4. Об утверждении Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2020 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 2575-р (ред. от 15.04.2014). 2013. Собр. законодательства Рос. Федерации. № 2: Ст. 109.

O Strategii razvitiya tamozhennoy sluzhby Rossiyskoy Federatsii do 2020 goda [Tekst]: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 28 dekabrya 2012 g. № 2575-r (red. ot 15.04.2014). 2013. Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federatsii. № 2: St. 109 (in Russian)

5. Баландина Г.В. 2014. Как улучшить таможенное законодательство. Таможенное регулирование. Таможенный контроль. № 4: 3–9.

Balandina G. V. 2014. Kak uluchshit' tamozhennoe zakonodatel'stvo. Tamozhennoe regulirovanie. Tamozhennyy kontrol'. № 4: 3–9. (in Russian)

6. Баранов В.Д. 2011. Экономическая безопасность внешнеторговой сферы России в условиях глобализации экономики (теоретико-методологический подход: дис. ... докт. эконом. наук: 08.00.05. М., 425.

Baranov V.D. 2011. Ekonomicheskaya bezopasnost' vneshnetorgovoy sfery Rossii v usloviyakh globalizatsii ekonomiki (teoretiko-metodologicheskiy podkhod): dis. ... dokt. ekonom. nauk: 08.00.05. M., 425. (in Russian)

7. Матвиенко Г.В. 2011. Таможенная служба на защите интересов национальной безопасности: проблемы реализации контрольно-надзорных полномочий. Юридическая наука и правоохранительная практика. № 2 (16): 75–81.

Matvienko G.V. 2011. Tamozhennaya sluzhba na zashchite interesov natsional'noy bezopasnosti: problemy realizatsii kontrol'no-nadzornykh polnomochiy. Yuridicheskaya nauka i pravookhranitel'naya praktika. № 2 (16): 75–81. (in Russian)

8. Месяц М.А. 2011. Совершенствование организационного механизма процессного управления таможенными органами России: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05. М., 200 с.

Mesyats M.A. 2011. Sovershenstvovanie organizatsionnogo mekhanizma protsessnogo upravleniya tamozhennymi organami Rossii: dis. ... kand. ekonom. nauk : 08.00.05. M., 200. (in Russian)

9. Мютте Г.Е. 2013. Совершенствование управления таможенными и другими видами государственного контроля на таможенно-логичестических терминалах: дис. ... канд. эконом. наук : 08.00.05. М., 140.

Myutte G.E. 2013. Sovershenstvovanie upravleniya tamozhennymi i drugimi vidami gosudarstvennogo kontrolya na tamozhenno-logichesticheskikh terminalakh: dis. ... kand. ekonom. nauk : 08.00.05. M., 140. (in Russian)

10. Слепцов М.В. 2011. Совершенствование управления таможенным контролем в интересах развития внешней торговли Российской Федерации: дис. … канд. эконом. наук: 08.00.05. М., 166.

Sleptsov M.V. 2011. Sovershenstvovanie upravleniya tamozhennym kontrolem v interesakh razvitiya vneshney torgovli Rossiyskoy Federatsii: dis. … kand. ekonom. nauk: 08.00.05. M., 166. (in Russian)

11. Терешкова А.Ю. 2012. Совершенствование организационно-экономического механизма управления таможенными услугами: дис. … канд. эконом. наук : 08.00.05. М., 220.

Tereshkova A.Yu. 2012. Sovershenstvovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma upravleniya tamozhennymi uslugami: dis. … kand. ekonom. nauk : 08.00.05. M., 220. (in Russian)

12. Гончарова Е.Н., Зайцева О.А. 2010. Формирование структуры управления в таможенных органах на современном этапе развития таможенного дела в Российской Федерации. Международный научно-теоретический журнал Вестник Белгородского университета потребительской кооперации. Серия экономические науки. Фундаментальные и прикладные исследования. Белгород: Издательство «Кооперативное образование», № 2 (34): 410.

Goncharova E.N., Zaytseva O.A. 2010. Formirovanie struktury upravleniya v tamozhennykh organakh na sovremennom etape razvitiya tamozhennogo dela v Rossiyskoy Federatsii. Mezhdunarodnyy nauchno-teoreticheskiy zhurnal Vestnik Belgorodskogo universiteta potrebitel'skoy kooperatsii. Seriya ekonomicheskie nauki. Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya. Belgorod: Izdatel'stvo «Kooperativnoe obrazovanie», № 2 (34): 410. (in Russian)

13. Петрушко Е.Н., Шкилев В.В. 2015. История становления таможенной службы России. Academic science – problems and achievements VI. North Charleston, 25–26.05.2015, Vol. 1 – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 167–174. (Научно-издательский центр «Академический». Сборник материалов VI международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения» 25–26 мая 2015 года, North Charleston, USA: в 2 т. Том 1.).

Petrushko E.N., Shkilyov V.V. 2015. Istoriya stanovleniya tamozhennoy sluzhby Rossii. Academic science – problems and achievements VI. North Charleston, 25–26.05.2015, Vol. 1 – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 167–174 p. (Nauchno-izdatel'skiy tsentr «Akademicheskiy». Sbornik materialov VI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Akademicheskaya nauka – problemy i dostizheniya» 25–26 maya 2015 goda, North Charleston, USA: v 2 t. Tom 1. (in Russian)

14. Петрушко Е.Н., Шкилев В.В. 2015. Основные направления организации процесса управления таможенными органами Российской Федерации. Fundamental science and technology – promising developments VI: Proceedings of the Conference. North Charleston, 3–4.08.2015, – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 281–288 p. (Научно-издательский центр «Академический». Сборник материалов VI международной научно-практической конференции «Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки» 3–4 августа 2015 года, North Charleston, USA.

Petrushko E.N., Shkilyov V.V. 2015. Osnovnye napravleniya organizatsii protsessa upravleniya tamozhennymi organami Rossiyskoy Federatsii. Fundamental science and technology – promising developments VI: Proceedings of the Conference. North Charleston, 3–4.08.2015, – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 281–288 p. (Nauchno-izdatel'skiy tsentr «Akademicheskiy». Sbornik materialov VI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Fundamental'naya nauka i tekhnologii – perspektivnye razrabotki» 3–4 avgusta 2015 goda, North Charleston, USA. (in Russian)

15. ФТС России. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.customs.ru/.

FTS Rossii. [Electronic resource]. - URL: http://www.customs.ru/ (in Russian)

16. Интернет-портал «Виртуальная таможня». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.vch.ru/.

Internet-portal «Virtual'naya tamozhnya». [Electronic resource]. - URL: http://www.vch.ru/ (in Russian)

УДК 339.924

АНАЛИЗ ЭФФЕКТОВ СОЗДАНИЯ ТАМОЖЕННЫХ СОЮЗОВ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF THE CUSTOMS UNION CREATION IN THE ECONOMIC LITERATURE

С.В. Шкиотов
S.V. Shkiotov

Ярославский государственный технический университет,
150999, Россия, г. Ярославль, Московский проспект, 88

Yaroslavl State Technical University,
Moskovsky Prospect, 88, Yaroslavl, 150999, Russia

E-mail: shkiotov@mail.ru

Аннотация. В условиях экзогенных шоков новое интеграционное объединение Евразийский экономический союз (ЕАЭС) подвергается серьезным испытаниям. В статье рассматриваются эффекты, которые возникают в результате создания и функционирования таможенного союза. Дается краткий обзор литературы, сформировавшей теоретический фундамент новой области экономической науки – экономики таможенного союза. Выделяются пять классических эффектов интеграции. Приводится оценка эффектов от создания таможенного союза России, Белоруссии и Казахстана (ТС РБК). Делается вывод о том, что Россия в силу масштаба экономики, не ощутила эффектов интеграции, а в целом, в рамках Таможенного союза, преобладает эффект создания торговли.

Resume. In the context of exogenous shocks new integration association (EAEU) is being seriously tested. The article examines the effects that arise as a result of the establishment and functioning of the Customs Union. A brief review of the literature that formed the theoretical foundation of a new field of economics - economics of the customs union. There are five classical effects integration. The evaluation of the effects of a customs union of Russia, Belarus and Kazakhstan. The conclusion is that Russia due to the scale of the economy has not felt the effects of the integration, and in general, in the framework of the Customs Union, is dominated by the effect of creating trade.

Ключевые слова: таможенный союз, евразийский экономический союз, эффект создания торговли, эффект отклонения торговли, Якоб Вайнер.

Key words: customs union, the Eurasian Economic Union, effect of trade creation, trade diversion effect, Jacob Viner.

Введение

В минувшем году, 12 августа 2015 года, на границе между Казахстаном и Киргизией прекратили работу таможенные посты – пятый член Евразийского экономического союза (ЕАЭС) присоединился к новому интеграционному объединению. Появление ЕАЭС можно рассматривать как наиболее значимое экономическое событие на территории постсоветского пространства после его распада. Так, на его долю приходится около 84% экономического потенциала бывшего СССР: совокупный ВВП пяти стран, на территории которых проживает около 180 миллионов человек, превышает 2 трлн долл., совокупный товарооборот составляет порядка 900 млрд долл. [8]. Более того, создание ЕАЭС окончательно оформило границы постсоветской интеграции: Молдавия, Грузия, Украина сформировали блок условных «противников», сделав выбор в пользу евроинтеграции; Таджикистан – возможный резерв роста объединения; Азербайджан, Туркменистан, Узбекистан пока сохраняют нейтралитет, балансируя между центрами силы на Востоке (Китай) и Западе (ЕС).

Нестабильная ценовая конъюнктура сырьевых рынков, структурные диспропорции национальной экономики, санкционное давление на Россию, вызовы замедляющейся глобальной экономики актуализируют вопрос: может ли позволить себе страна участие в таком объединении? Ведь на крупнейшую экономику интеграционного объединения всегда перекладываются издержки его функционирования. Более того, приоритет геополитических целей создания таможенного союза России, Белоруссии и Казахстана над экономическими, создал целый ряд противоречий, парадоксов и проблем в функционировании объединения [16]. Недооценка вмененных издержек интеграции, отсутствие взвешенного экономического обоснования создания такого рода интеграционного

объединения на практике оборачивается не только ростом цен и тарифов для населения или реэкспортом запрещенной продукции, но, зачастую, и политическим противостоянием лидеров союзных государств, ведущим к политическому торгу и экономическому шантажу [17].

Между тем в экономической науке к настоящему моменту накоплен большой массив данных, фундаментальных работ [10], позволяющих более трезво взглянуть на соотношение выгод и издержек создания таможенного союза, предвидеть, а значит и минимизировать отрицательные эффекты от его создания и функционирования.

Целью данной работы является оценка эффектов, возникающих в результате создания таможенного союза в экономической литературе.

Основная часть

Таможенный союз как экономический феномен можно рассматривать с двух противоположных точек зрения. Так, с одной стороны – это форма интеграционного объединения, в рамках которой устраняются барьеры на пути движения товаров и услуг, возникают возможности для более глубокой специализации производства. В таком аспекте теоретические основания таможенного союза были заложены еще классиками экономической науки в 18 веке. С другой стороны, таможенный союз можно рассматривать как форму коллективного протекционизма (в отношении третьих стран), следовательно, теоретический фундамент этого феномена был заложен ранее, еще меркантилистами.

Впрочем, оставляя за бортом идеи, сформировавшие ключевые представления о закономерностях развития международного товарообмена, можно утверждать, что современный этап исследования проблематики таможенных союзов в экономической литературе берет свое начало в 1950 году, когда вышла в свет работа Якоба Вайнера «Проблема таможенного союза». В 1991 г. Марк Блауг, подчеркивая всю значимость работы Вайнера, писал: «…(книга) стала отправной точкой всех последующих работ в области экономики общих рынков и свободной торговли» [22, p. 2]. Помимо ставшего уже классическим определения таможенного союза (как набора соглашений по уменьшению тарифных барьеров между странами и при установлении барьеров на импорт из третьих стран), Вайнер в четвертой главе своей работы предлагал читателю анализ эффектов, возникающих при создании этой формы интеграционного объединения. Сам Вайнер неоднократно указывал на невозможность априорной оценки таможенного союза, все зависит от практики его функционирования [25, p. 43]. Соответственно, таможенный союз можно рассматривать как движение в сторону свободной торговли, так и в сторону протекционизма; обстоятельства, детали, практика будут определяющими. Интересно, что Вайнер считал: большинство созданных таможенных союзов были созданы исходя из политических, а не экономических соображений [25, p. 91]. Так, в рамках политической дискуссии о создании таможенного союза, он имеет ряд дополнительных преимуществ: способен задействовать рыночные силы и улучшить условия торговли [25, p. 55]; создает лучшие возможности для переговоров по уменьшению тарифных барьеров [25, p. 56]; позволяет увеличить доходы от сборов [25, p. 65–68] и т.д. Вместе с тем, Вайнер боялся, что таможенные союзы в конечном счете будут мешать многостороннему снижению торговых барьеров на недискриминационной основе в мировой экономике (как показали недавние исследования, его опасения подтвердились) [25, p. 12].

Несмотря на всю значимость рассуждений Вайнера о таможенном союзе в контексте политики, все же ядром его работы является экономический анализ эффектов, возникающих в результате создания такого объединения. «Первичной целью такого союза и важнейшим следствием его создания – благоприятным или неблагоприятным – является изменение источников поставки товаров, причем в зависимости от обстоятельств может иметь место переход к более дорогостоящим или к более дешевым источникам» [1, с. 699]. В случае, если в результате создания таможенного союза происходит переход к потреблению товаров, произведенных с наименьшими издержками (пусть даже они произведены третьей страной, не являющейся участницей союза), возникает эффект создания торговли, а само интеграционное объединение движется в сторону фритредерства. И наоборот, когда страны-участницы союза закрывают свой рынок от более дешевого импорта, происходит переход к потреблению продукции созданной с большими издержками (но странами- партнерами), в этом случае возникает эффект отклонения торговли, а союз движется в сторону протекционизма.

Эффект создания и эффект отклонения торговли, выделенные профессором Вайнером, по сути предопредели дальнейшее развитие всей экономической теории таможенных союзов.

Второй современной работой (также ставшей уже классической), посвященной проблематике таможенных союзов и во многом построенной на критике идей Вайнера, стала книга Джеймса Мида «Теория таможенных союзов» (1955 г.). Мид, выказывая некоторую предрасположенность к таможенным союзам, показал, что их создание, как правило, приводит к увеличению экономического благосостояния стран, даже в случае возникновения (отрицательного) эффекта отклонения

торговли: «… Однако таможенный союз может приводить и к образованию новых направлений международной торговли, поскольку один из партнеров теперь может осуществлять экспорт на рынок другого партнера и сбить там цены, установленные действующей там отраслью; и такое нововведение приводит к перемещению ресурсов в более эффективную и экономичную производственную систему» [6, с. 708].

Миду удалось ответить на вопрос, который оставил без ответа Вайнер: как соотнести чистую выгоду и чистые экономические потери, которые возникают при создании таможенного союза? Углубляя анализ Вайнера, Мид предложил следующий способ решения этой проблемы: «… Для того чтобы определить, поднимет или снизит рассматриваемый таможенный союз общие затраты производства любого данного выпуска товаров и услуг, нам, конечно, необходимо учитывать не только ценность торговли, по которой затраты увеличились, но и ценность той торговли, по которой произошло снижение затрат; мы также должны учесть степень, в которой затраты увеличились на единицу отвлеченной торговли, и степень, в которой были снижены затраты на единицу вновь созданной торговли» [6, с. 710].

Анализируя эффект создания торговли, Мид раскрыл не только новый выигрыш от его возникновения - «… снижение импортной пошлины на экспорт страны-партнера может в целом отвлечь существующую торговлю от более дешевого иностранного источника; однако поскольку это снизит рыночную цену продукта внутри импортирующей страны-партнера, будет иметь место расширение совокупного импорта этой страны» [6, с. 713], но и указал на явные издержки в виде снижения доходов стран-участниц союза в результате снижения пошлин.

Таким образом, в отличии от Вайнера, который очень осторожно подходил к оценке эффектов создания таможенного союза, Мид выступил ярким популяризатором процесса региональной интеграции, впрочем, оставаясь в рамках формального анализа.

На протяжении 1960–70 гг. появляется целая серия работ таких авторов, как Р. Липси, М. Корден, М. Краус, М. Микаэли, которые так или иначе пытались развить идеи профессора Вайнера, зачастую приписывая ему то, о чем он и не помышлял [22].

В дальнейшем в экономической литературе акцент с изучения таможенных союзов смещается к более общим вопросам снижения торговых барьеров, что совпадает по времени с активизацией деятельности ГАТТ в этом направлении. Так, в работах экономистов Ж. Рюэфа, М. Алле, В. Репке, А. Предоля, Г. Джонсона и др. было показано, «… что интеграционные меры порождают двойственный результат: внутрирегиональный обмен усиливается, тогда как обмен со странами вне региона может сократиться. Важно, однако, что сумма этих двух эффектов не нулевая, а положительная. Так что устранение барьеров углубляет разделение труда, кооперацию и расширяет рынок стран – участниц интеграции. В конечном счете это создает благоприятные условия для расширения торговли с третьими странами» [4].

Новейшие работы по проблематике таможенных союзов связаны уже с исследованием деятельности конкретных интеграционных объединений, базируются не на формальном, а фактологическом анализе. В частности, за последние несколько лет вышел целый ряд статей и докладов, посвященных таможенному союзу России, Белоруссии и Казахстана (ТС РБК). Авторы исследовали:

- последствия присоединения к союзу стран: Кыргызская Республика [Павлов А.Н., 9], Армения [Холкина А.А., 14], Казахстан [Плеханов А. и Исакова А., 23];
- специфику таможенного регулирования в рамках ТС РБК: Матвеева Т.А. [5], Соловьев В.В. и Полежаева Н.В. [11], Горячев В.А. [3], Чувахина Л.Г. [15];
- криминальные риски в рамках нового таможенного пространства: Табаков А.В. [12] и пр.

Непосредственно с оценкой эффектов создания данного таможенного союза связаны работы: Мкртчяна А., Шкодинского С.В. [18], Ислями А. , Гнидченко А. и Сальникова В. [2], Исаковой А., Кочан З., Плеханова А. [19], а также несколько докладов: «Таможенный союз и приграничное сотрудничество Казахстана и России» [13], «An Initial Estimation of the Economic Effects of the Creation of the EurAsEC Customs Union on Its Members» [21], «Таможенный союз Беларуси, Казахстана и России: создание и отклонение торговли в Центральной Азии в 2010–2011 гг.» [7] и т.д.

Заключение

В экономической литературе сформировался определенный консенсус в отношении эффектов, возникающих при создании таможенного союза.

Эффектами (статическими и динамическими), которые увеличивают выгоды стран-участниц союза, являются:

- эффект создания торговли – преимущества, получаемые экономиками за счет объединения таможенных границ и открытия рынков;
- эффект расширения внутреннего рынка – выгоды от экономии за счет масштабов производства, растущего внутреннего спроса на инвестиции, более динамичного экономического роста;

- эффект усиления конкурентного давления на отрасли – при отсутствии торговых барьеров внутри таможенного союза предприятия сталкиваются с конкуренцией со стороны соседей по интеграционному объединению, что заставляет их повышать свою эффективность.

Эффектами (статическими и динамическими), которые уменьшают благосостояние стран-участниц союза, являются:

- эффект отклонения торговли – осуществление коллективного протекционизма в отношении третьих стран, не входящих в таможенный союз, причем этот эффект проявляется двояко, но в обоих случаях отрицательно – с одной стороны, через снижение благосостояния населения, сталкивающегося с удорожанием импортных товаров, с другой, – снижение доходов правительства, вызванное экономическим неравенством участников союза;

- эффект перетока ресурсов – риски, связанные с неоптимальной аллокацией ресурсов – от бедных к более богатым экономикам.

В настоящий момент нельзя сделать однозначных выводов о соотношении выгод и издержек, связанных с созданием ТС РБК в силу целого ряда обстоятельств:

а) короткий период наблюдения данных эффектов в рамках действующего объединения;

б) институционализация союза еще не завершена, многие институты, процедуры, практики только формируются;

в) в каждой стране имеются отрасли экономики как выигравшие, так и проигравшие в результате создания ТС РБК;

г) на статистику деятельности ТС РБК оказывают влияние экзогенные шоки (нестабильная ценовая конъюнктура сырьевых рынков, девальвация национальных валют и т.д.).

Создание ТС РБК в целом не оказало существенного влияния на торговлю стран-участниц с третьими экономиками, значение снижения тарифных барьеров преувеличено. Торговля в рамках союза, во всяком случае в первые годы его существования, существенно увеличилась, во многом, благодаря снижению нетарифных барьеров внутри союза, а также ряду «ненаблюдаемых факторов» [19].

Большинство исследователей считают, что, являясь крупнейшей экономикой союза, Россия попросту «не заметила» никаких эффектов создания таможенного союза: «вес» остальных стран-участниц слишком мал, иными словами, существенного эффекта отклонения торговли не наблюдается. Вместе с тем существует крайне пессимистичная оценка Всемирного Банка, согласно которой, российскую экономику (как и другие страны союза) ждет тренд на снижение ВВП, а большинство отраслей окажется под ударом в результате преобладания эффекта отклонения торговли (над эффектом создания) [21].

Для Белоруссии, как и для России, существенного эффекта отклонения торговли не наблюдается, хотя снижение торговли с рядом стран возможно из-за более высоких тарифов в рамках ТС РБК [19].

Для экономики Казахстана участие в ТС РБК было связано с серьезными рисками: страна столкнулась с необходимостью перехода к более высоким импортным пошлинам по широкому перечню товаров. Впрочем, по мнению исследователей, потери благосостояния Казахстана от эффекта отклонения торговли (наиболее существенным изменением является отклонение торговли при импорте в Казахстан машин и оборудования с развитых стран на Россию и Китай) компенсируются дополнительными государственными доходами за счет перераспределения сборов импортных пошлин между странами-участницами [7].

Новые члены ТС РБК с осторожным оптимизмом смотрят на участие в деятельности союза:

- для Кыргызстана интеграция в ЕАЭС означает расширение рынка сбыта товаров, произведенных в стране; рост инвестиционной привлекательности; появление новых производств на территории республики и т.п. [7].

- для Армении – это возможность выхода из транспортной полуизоляции (со стороны Турции и Азербайджана) и фактор, сопутствующий экономическому росту (за счет отмены экспортных пошлины на газ, нефтепродукты и российские необработанные алмазы, а также упрощение перемещения рабочей силы) [14].

Будущее ТС РБК зависит от дальнейшего снижения нетарифных ограничений, углубления интеграции в рамках объединения и унификации правовых систем в части внешнеэкономических отношений. Пока в целом в рамках ТС РБК преобладает эффект создания торговли, что объясняется общим удельным весом России в объединении и эффектами ее вступления в ВТО [20].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-06-01820.

Список литературы
References

1. Винер Я. Проблема таможенного союза. 2006. Вехи экономической мысли. Т.6. Гос. ун-т – Высшая школа экономики, Институт «Экономическая школа». М.: ТЕИС, 720. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://analyticalschool.org/milestones-of-economic-thought/VEHI6_Viner.pdf.

Viner Ya. 2006. The customs Union issue / Milestones of economic thought. Vol. 6. State. University – Higher school of Economics, Institute «Economic school». M.: TEIs, 720. [Electronic resource]. - URL: http://analyticalschool.org/milestones-of-economic-thought/VEHI6_Viner.pdf (in Russian)

2. Гнидченко А., Сальников В. Оценка отраслевых эффектов торговой интеграции России, Беларуси и Казахстана. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://regconf.hse.ru/uploads/5bc0624cd980e48f03abd696af536f784f0a3c2c.docx.

Gnidchenko A., Sal'nikov V. Otsenka otraslevykh effektov torgovoy integratsii Rossii, Belarusi i Kazakhstana. [Electronic resource]. – URL: http://regconf.hse.ru/uploads/5bc0624cd980e48f03abd696af536f784f0a3c2c.docx (in Russian)

3. Горячев В.А. 2013. Анализ применения особых пошлин в Таможенном Союзе и Европейском Союзе. Ученые записки СПб филиала РТА. № 3 (47): 129–149.

Goryachev V.A. 2013. Analiz primeneniya osobykh poshlin v Tamozhennom Soyuze i Evropeyskom Soyuze. Uchenye zapiski SPb filiala RTA. № 3 (47): 129–149. (in Russian)

4. Концепции международной экономической интеграции. 1994. Всемирная история экономической мысли. Т.5. М.: «Мысль», 1994. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.booksite.ru/fulltext/eco/nom/iks/7.htm#35.

Kontseptsii mezhdunarodnoy ekonomicheskoy integratsii. 1994. Vsemirnaya istoriya ekonomicheskoy mysli. T.5. M.: «Mysl'». [Electronic resource]. – URL: http://www.booksite.ru/fulltext/eco/nom/iks/7.htm#35 (in Russian)

5. Матвеева Т.А. 2010. Таможенное регулирование в таможенном союзе России, Белоруссии и Казахстана. Вестник Воронежского государственного университета: Серия «Право». № 2: 102–112.

Matveeva T.A. 2010. Tamozhennoe regulirovanie v tamozhennom soyuze Rossii, Belorussii i Kazakhstana. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta: Seriya «Pravo». № 2: 102–112. (in Russian)

6. Мид Дж. Теория таможенных союзов. 2006. Вехи экономической мысли. Т.6. Гос. ун-т – Высшая школа экономики, Институт «Экономическая школа». М.: ТЕИС, 720. [Электрон. ресурс]. - Режим доступа: http://analyticalschool.org/milestones-of-economic-thought/VEHI6_Meade2.pdf.

Mid Dzh. Teoriya tamozhennykh soyuzov. 2006. Vekhi ekonomicheskoy mysli. T.6. Gos. un-t – Vysshaya shkola ekonomiki, Institut «Ekonomicheskaya shkola». M.: TEIS, 720. [Electronic resource]. – URL: http://analyticalschool.org/milestones-of-economic-thought/VEHI6_Meade2.pdf. (in Russian)

7. Могилевский Р. Таможенный союз Беларуси, Казахстана и России: создание и отклонение торговли в Центральной Азии в 2010–2011 гг. [Электрон. ресурс]. - Режим доступа: http://www.ucentralasia.org/downloads/UCA-IPPA-WP12-TradeCreationAndDiversion-Rus.pdf.

Mogilevskiy R. Tamozhennyy soyuz Belarusi, Kazakhstana i Rossii: sozdanie i otklonenie torgovli v Tsentral'noy Azii v 2010–2011 gg. [Electronic resource]. – URL: http://www.ucentralasia.org/downloads/UCA-IPPA-WP12-TradeCreationAndDiversion-Rus.pdf. (in Russian)

8. Общеэкономические показатели Евразийского экономического союза [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://eaeunion.org/#about.

Obshcheekonomicheskie pokazateli Evraziyskogo ekonomicheskogo soyuza. [Electronic resource]. – URL: http://eaeunion.org/#about. (in Russian)

9. Павлов А.Н. Оценка экономического эффекта присоединения Кыргызской Республики к Таможенному союзу [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.eabr.org/general/upload/docs/publication/magazine/no4_2011/n4_2011_5.pdf.

Pavlov A.N. Otsenka ekonomicheskogo effekta prisoedineniya Kyrgyzskoy Respubliki k Tamozhennomu soyuzu. [Electronic resource]. – URL: http://www.eabr.org/general/upload/docs/publication/magazine/no4_2011/n4_2011_5.pdf. (in Russian)

10. Сахарова О.С., Растопчина Ю.Л. 2015. Исследование моделей эффективности внешнеторговой деятельности: макроэкономический аспект. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. № 13(210). Вып.35/1: 71–77.

Sakharova O.S., Rastopchina Yu.L. 2015. Issledovanie modeley effektivnosti vneshnetorgovoy deyatel'nosti: makroekonomicheskiy aspect. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Ekonomika. Informatika. № 13 (210). 35/1: 71–77. (in Russian)

11. Соловьев В.В., Полежаева Н.В. 2014. Применение особых видов таможенных пошлин и тарифных квот в таможенном союзе в рамках ВТО. Логистические системы в глобальной экономике. № 4: 249–253.

Solov'ev V.V., Polezhaeva N.V. 2014. Primenenie osobykh vidov tamozhennykh poshlin i tarifnykh kvot v tamozhennom soyuze v ramkakh VTO. Logisticheskie sistemy v global'noy ekonomike. № 4: 249–253. (in Russian)

12. Табаков А.В. 2011. Таможенные риски таможенных союзов. Ученые записки Санкт-Петербургского им. В. Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии: Научно-практический журнал. № 2 (39): 39–61.

Tabakov A.V. 2011. Tamozhennye riski tamozhennykh soyuzov. Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo im. V. B. Bobkova filiala Rossiyskoy tamozhennoy akademii: Nauchno-prakticheskiy zhurnal. № 2(39): 39–61. (in Russian)

13. Таможенный союз и приграничное сотрудничество Казахстана и России. 2012. Санкт-Петербург, 56.

Tamozhennyy soyuz i prigranichnoe sotrudnichestvo Kazakhstana i Rossii. 2012. Sankt-Peterburg, 56. (in Russian)

14. Холкина А.А. 2014. Присоединение Армении к Таможенному союзу: возможные преимущества и риски. Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд: сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 182.

Kholkina A.A. 2014. Prisoedinenie Armenii k Tamozhennomu soyuzu: vozmozhnye preimushchestva i riski. Sovremennye tendentsii v ekonomike i upravlenii: novyy vzglyad: sbornik materialov XXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Novosibirsk: Izdatel'stvo TsRNS, 182. (in Russian)

15. Чувахина Л.Г. 2013. Таможенный союз и ВТО: российские реалии. Финансовый журнал. № 1: 39–50.

Chuvakhina L.G. 2013. Tamozhennyy soyuz i VTO: rossiyskie realii. Finansovyy zhurnal. № 1: 39–50. (in Russian)

16. Шкиотов С.В. 2015. Внутренние противоречия функционирования Евразийского экономического союза. Теоретическая экономика. № 3.

Shkiotov S.V. 2015. Vnutrennie protivorechiya funktsionirovaniya Evraziyskogo ekonomicheskogo soyuza. Teoreticheskaya ekonomika. № 3. (in Russian)

17. Шкиотов С.В., Гордеев В.А. 2015. Модель политического торга и факторы ее формирования в рамках таможенного союза России, Белоруссии и Казахстана. Многоуровневое общественное воспроизводство: вопросы теории и практики. № 8 (24).

Shkiotov S.V., Gordeev V.A. 2015. Model' politicheskogo torga i faktory ee formirovaniya v ramkakh tamozhennogo soyuza Rossii, Belorussii i Kazakhstana. Mnogourovnevoe obshchestvennoe vosproizvodstvo: voprosy teorii i praktiki. № 8 (24). (in Russian)

18. Шкодинский С.В. 2014. Анализ текущих и прогнозных оценок от участия Российской Федерации в Таможенном союзе. Вестник Северо-Осетинского государственного университета им. К. Л. Хетагурова. Общественные науки. № 4.

Shkodinskiy S.V. 2014. Analiz tekushchikh i prognoznykh otsenok ot uchastiya Rossiyskoy Federatsii v Tamozhennom soyuze. Vestnik Severo-Osetinskogo gosudarstvennogo universiteta im. K. L. Khetagurova. Obshchestvennye nauki. № 4. (in Russian)

19. How Much Do Tariffs Matter? Evidence from the Customs Union of Belarus, Kazakhstan and Russia. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.ebrd.com/downloads/research/economics/workingpapers/wp0154.pdf.

20. Islyami A. The impact of Russia, Kazakhstan and Belarus Customs Union: Gravity approach. Preliminary version. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://hompi.sogang.ac.kr/sgrime/apts2014/Paper2014/Islyami,%20Aidan.pdf.

21. Lúcio Vinhas de Souza. An Initial Estimation of the Economic Effects of the Creation of the EurAsEC Customs Union on Its Members. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://siteresources.worldbank.org/INTPREMNET/Resources/EP47.pdf.

22. Oslington P. Contextual History, Practitioner History and Classic Status: Reading Jacob Viner's The Customs Union Issue. [Электрон. ресурс] – Режим доступа: http://www.hetsa.org.au/hetsa2012/conference_papers/Jacob%20Viner%20Customs%20Unions%20Contextual%20vs%20Practitioner%20Histories.pdf.

23. Plekhanov A., Isakova F. Customs Union and Kazakhstan's Imports / CASE Network Studies & Analyses No.442. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.case-research.eu/sites/default/files/publications/CNSA_2012_442.pdf.

24. Trade Impact of Non-Tariff Trade Costs. An Assessment of the Eurasian Customs Union. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://apps.eui.eu/Personal/Researchers/Mkrtchyan/Trade_NonTariffCosts_Customs_Union.pdf.

25. Viner J. 1950. The Customs Union Issue. New York, Carnegie Endowment for International Peace.

Теоретические модели и успешные практики управления

УДК 331

МОНИТОРИНГ КАК УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС: ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ, ФУНКЦИИ

THE MONITORING AS MANAGEMENT PROCESS: PRINCIPLES, METHODS AND FUNCTIONS

А.М. Слинков
A.M. Slinkov

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: slinkov@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье рассматривается мониторинг как управленческий процесс; акцент ставится на определении принципов, методов и функций мониторинга. Выделяются общие и специфические принципы мониторинга. Предлагается систематизация специфических принципов мониторинга на основе использования праксеологического, квалиметрического и гуманистического подходов. Выделяются группы функций мониторинга: познавательная, исследовательская, методическая, диагностическая, коррекционная, мотивационная, информационно-аналитическая и прогностическая. Определяются методы мониторинга. На основе исследования и систематизации принципов, методов и функций мониторинга определяется специфика влияния мониторинга на процесс управления в организации, что способствует реализации проактивной модели управления.

Resume. The article discusses monitoring as a management process; the emphasis is on determining the principles, methods and functions of monitoring. Are allocated general and specific monitoring principles. Proposed systematization of specific principles of monitoring on base praxeological, qualimetric and humanistic approaches. There are groups of monitoring functions: cognitive, research, thematic, diagnostic, correctional, motivational, informational, analytical and prognostic features. Determined monitoring methods. On the basis of research and systematization of the principles, methods and monitoring functions is determined by the specificity of monitoring the effect on the management of the organization, which contributes to the implementation of proactive management model.

Ключевые слова: *:* мониторинг, принципы мониторинга, методы мониторинга, функции мониторинга, управленческий процесс.

Key words: monitoring, principles of monitoring, methods of monitoring, functions of monitoring, management process.

Введение

Рассмотрение мониторинга в качестве информационно-аналитической подсистемы менеджмента предполагает необходимость уточнения содержания его основных элементов для понимания того, как эта подсистема «встроена» в общую систему управления организацией. В данном контексте следует выделить и описать те элементы, которые формируют управляющую подсистему мониторинга, так как любая система (или подсистема) управления включает в себя две основные взаимосвязанные составляющие – управляющую и управляемую подсистемы. К таким элементам мониторинга следует отнести цели, принципы, функции и методы мониторинга.

Результаты исследований

Приступая к исследованию элементов мониторинга, необходимо, прежде всего, определить сущностное содержание самого термина «мониторинг» в связи с его широким пониманием в трудах отечественных и зарубежных исследователей. В рамках настоящего исследования под мониторингом понимается «процесс системно организованных действий, имеющих целью поддержание функционирования объекта мониторинга в заданном режиме или его развитие по заданной траектории путем выявления как негативных, так и позитивных отклонений параметров мониторинга от заданных значений» [Игнатова, 2016]. Следовательно, целью мониторинга в организациях является предупреждение нежелательных отклонений в функционировании управляемых объектов и процессов и выявление позитивных отклонений для обобщения и использования положительного опыта в управлении.

Особое место в системе мониторинга принадлежит принципам мониторинга. Принципы мониторинга – это основополагающие правила, которыми должны руководствоваться субъекты мониторинговой деятельности. Значение принципов управления вообще и принципов мониторинга в частности определяется тем, что они отражают наиболее характерные для рассматриваемого объекта управления (объекта мониторинга) законы и закономерности его функционирования и развития. Законы и закономерности – есть объективное проявление реальности, в то время как принципы отражают субъективное представление о предъявляемых к системам управления (системам мониторинга) требованиях, позволяющих в максимальной степени учитывать законы и закономерности функционирования исследуемых объектов и обеспечивающих эффективность управленческой (мониторинговой) деятельности. А это, в свою очередь, означает, что, хотя принципы и выступают в качестве наиболее «жесткого» элемента в системах управления, они, тем не менее, не являются догмами в абсолютном смысле и могут модифицироваться применительно к различным подсистемам управления и меняться вследствие выявления новых закономерностей и тенденций, проявляющихся как в управляемых объектах, так и во внешней среде. Это актуализирует проблему обоснования системы принципов мониторинга в современной организации.

Анализ научной литературы, посвященной исследованию принципов мониторинга, позволил нам выделить общие и специфические принципы мониторинга. Общие принципы осуществления мониторинга в организации представляют собой интерпретацию фундаментальных универсальных принципов управления применительно к мониторинговой деятельности (табл. 1)

Таблица 1
Table 1

Общие принципы мониторинга в организации
The general principles of monitoring in organization

Наименование принципа	Трактовка принципа применительно к системе	
	управления	мониторинга
Принцип научности	использование современных достижений науки управления при построении систем управления и принятии управленческих решений	использование современных достижений науки управления при построении систем мониторинга и осуществлении мониторинговой деятельности
Принцип гибкости	адаптация систем управления к изменяющимся условиям внутренней и внешней среды организации	адаптация систем мониторинга к изменению целей, стратегий и тактики управления в организации
Принцип обратной связи	наличие замкнутого контура управления, предполагающего поступление информации с выходов системы управления на ее входы	принятие управленческих решений и корректировка управленческих воздействий с учетом данных мониторинга о фактическом состоянии управляемого объекта (процесса)
Принцип эффективности	оптимизация затрат на формирование и функционирование управляющей подсистемы организации	оптимизация затрат на формирование и функционирование системы мониторинга в организации
Принцип комплексности	рассмотрение объекта управления во всей совокупности взаимосвязанных составляющих элементов и аспектов, обеспечивающих его целостность	формирование параметров мониторинга с учетом всей совокупности взаимосвязанных факторов внутренней среды организации, оказывающих влияние на объект мониторинга
Принцип системности	рассмотрение управляемых объектов с учетом всех взаимосвязанных составляющих, а также с учетом связей между управляемыми объектами и их элементами и окружающей средой	формирование параметров мониторинга с учетом всей совокупности взаимосвязанных факторов внутренней и внешней среды организации, оказывающих влияние на объект мониторинга
Принцип соответствия	соответствие управляющей подсистемы организации сложности управляемой подсистемы и характеру решаемых производственных задач	совместимость системы и технологий мониторинга с системой управления организацией и технологиями принятия управленческих решений

Специфические принципы осуществления мониторинговой деятельности в организациях обуславливаются особенностями и целевой направленностью систем мониторинга. Систематизация специфических принципов мониторинга была осуществлена нами на основе использования праксеологического, квалиметрического и гуманистического подходов к их выделению (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Специфические принципы мониторинга в организации
The specific principles of monitoring in organization

Используемый подход к выделению принципов	Наименование принципа	Краткая трактовка принципа
Праксеологический подход	принцип регулярности	четкое установление периодичности мониторинговых действий
	принцип интегративности	использование унифицированных форм отражения результатов мониторинга и баз данных для интеграции их в общую информационную систему организации (данный принцип приобретает особое значение при формировании автоматизированных систем мониторинга)
	принцип прогностичности	результаты мониторинга должны давать возможность прогнозирования будущих тенденций изменения исследуемых объектов (явлений, процессов)
	принцип валидности	использование адекватного исследуемым объектам (явлениям, процессам) инструментария мониторинга и методов оценки параметров мониторинга
Квалиметрический подход	принцип информационной полноты	формирование системы параметров мониторинга, позволяющей создать полную объективную картину исследуемых объектов (явлений, процессов)
	принцип информационной достаточности	концентрация мониторинга на наиболее значимых параметрах изучаемых объектов (явлений, процессов), исключение избыточной информации, не имеющей прямого отношения к характеристике исследуемых объектов (явлений, процессов)
	принцип конкретности	использование адекватных количественных измерителей и качественных оценок результатов мониторинга
Гуманистический подход	принцип гласности	открытость результатов мониторинга для работников организации
	принцип конструктивизма	недопущение использования результатов мониторинга для осуществления репрессивных действий по отношению к персоналу

Минимально необходимые комментарии к табл. 2 состоят в том, что использование праксеологического подхода к выделению специфических принципов мониторинга обусловлено необходимостью рационализации мониторинговой деятельности (праксеология – наука о рациональной организации деятельности). Как представляется, рационализация мониторинговой деятельности должна обеспечиваться посредством реализации принципов регулярности, интегративности, прогностичности и валидности.

Другой важный аспект использования мониторинга в организациях связан с решением проблемы качества получаемых результатов мониторинга и их интерпретации. Этим объясняется использование квалиметрического подхода к выделению специфических принципов мониторинга – принципов информационной полноты, информационной достаточности и конкретности (квалиметрия – одно из направлений науки о качестве, связанное с разработкой численных методов его оценки).

Праксеологический и квалиметрический подходы к выделению специфических принципов мониторинга являются по своей сути технократическими подходами. Однако в современных условиях формирование любых систем управления вообще и систем мониторинга в частности, предполагает обязательное использование гуманистического подхода. Реализация данного подхода при осуществлении мониторинговой деятельности обеспечивается за счет выделяемых нами принципов гласности и конструктивизма.

В качестве последнего замечания к вопросу практического использования принципов мониторинга отметим, что выделенные нами общие и специфические принципы мониторинга представляют собой взаимоувязанную систему, поэтому наибольший эффект достигается за счет их комплексного использования.

В описании системы мониторинга трудно переоценить значение такого элемента как функции мониторинга. Если принципы мониторинга – это основополагающие правила осуществления мониторинговой деятельности, то функции мониторинга непосредственно раскрывают содержание

этой деятельности, отвечают на вопрос, из чего складывается мониторинговая деятельность. Рассматривая существующие в экономической науке подходы к выделению функций мониторинга, можно заметить, что все они отличаются глубиной функционального наполнения мониторинга.

В качестве примера «узкого» подхода к выделению функций мониторинга можно привести точку зрения А.Н. Брагинца. Обосновывая состав функций мониторинга, А.Н. Брагинец делает вывод об отождествлении многими исследователями понятий мониторинга и контроллинга и необходимости разграничения их функциональной наполненности. Оперируя теорией обратной связи, автор приходит к убеждению, что функциональное наполнение мониторинга определяется принадлежностью к начальным этапам обратной связи и ограничивается измерением и хранением информации, а все последующие процессы (к ним автор относит сравнение полученной информации со стандартами, планами, выявление отклонений и выработку корректирующих решений) соотносятся с контроллингом: «все процессы обратной связи до сравнения со стандартами относятся к мониторингу, после сравнения – к контроллингу»[Брагинец, 2013].

Для обоснования своей точки зрения автор использует серьезную методологическую базу: принцип карты реальности, принцип исторической преемственности, принцип взаимного исследования комплементарных понятий (к ним автор относит понятия мониторинга и контроллинга), принцип минимума межпредметной неопределенности. При всей солидности теоретических построений, используемых автором для обоснования функционального содержания мониторинга, следует указать на явное нарушение им двух последних принципов из указанных выше. Пытаясь разделить понятия мониторинга и контроллинга, автор постоянно оперирует как синонимами понятия «контроллинг», «контролирование» и «контроль», которые, по сути, также являются комплементарными (тесно взаимосвязанными, но не идентичными) понятиями.

В.Н. Лисачкина значительно расширяет функциональный потенциал мониторинга, выделяя в его структуре «три основополагающих процесса: исследование, оценка и прогнозирование» и соответствующие им функции: информационно-исследовательскую, оценочно-аналитическую, прогностическую и интегративно-координационную [Лисачкина, 2012].

Е.В. Сергеева и М.Ю. Чандра также представляют довольно широкий набор функций мониторинга, включая в их состав информационную, диагностическую, рефлексивную, сравнительную и интегративную функции [Сергеева, Чандра, 2013].

Один из наиболее полных перечней функций мониторинга дает О.А. Граничина, включая в него констатирующую (диагностическую), мотивационную, исследовательскую, прогностическую, информационно-аналитическую, плановую, организационно-исполнительскую, обучающую и регулятивно-коррекционную функции. При этом автор совершенно справедливо отмечает, что в условиях инновационной экономики «констатирующая (диагностическая) функция мониторинга перестает быть основной», а мониторинг, «приобретая явно выраженные мотивационную и исследовательскую функции», становится источником новых знаний и фактором, стимулирующим развитие инновационных практик в системе управления организациями [Граничина, 2009].

Анализ научных подходов к выделению функций мониторинга позволил нам сформировать авторское видение данного вопроса (рисунок 1).

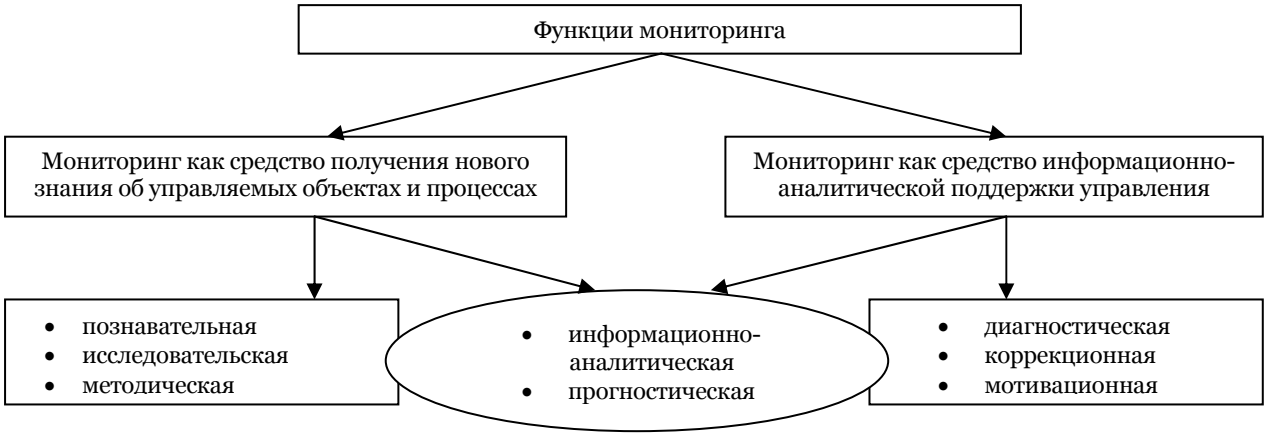


Рис. 1. Функции мониторинга
Fig. 1. The functions of monitoring

В соответствии с принятым нами подходом к определению места и роли мониторинга в управлении организацией, определяющим двойственную природу мониторинга, нами выделяются три группы функций мониторинга. Первая группа функций, выделяемая на основе рассмотрения

мониторинга как средства получения нового научного знания об управляемых объектах и процессах, включает:

1) познавательную функцию. Данная функция мониторинга реализуется посредством накопления знаний об особенностях и тенденциях функционирования и развития объектов (процессов) мониторинга;

2) исследовательскую функцию. Исследование представляет собой один из видов научного познания, выработки новых научных знаний. Исследовательская функция мониторинга реализуется путем обобщения, систематизации накопленной посредством многократных мониторинговых замеров информации, выявления причинно-следственных связей, противоречий, генезиса изучаемых процессов и явлений, доказательства научных гипотез;

3) методическую функцию. Сущность этой функции мониторинга заключается в обеспечении научно-информационного сопровождения управленческих процессов, в разработке алгоритмов, процедур и приемов осуществления управленческой деятельности на основе данных мониторинга.

Рассмотрение мониторинга как средства информационно-аналитической поддержки управления позволяет выделить следующие его основные функции:

1) диагностическая функция. Исходной задачей мониторинга является установление «диагноза» объекта исследования – заключения о текущем состоянии и тенденциях его развития на основе комплексной оценки параметров мониторинга. Сущность диагностической функции мониторинга состоит в своевременном обнаружении, распознании проблем управления, что обеспечивает возможность корректирующих действий;

2) коррекционная функция. Важнейшее назначение мониторинга в организации состоит не только в обнаружении, но и в предупреждении негативных вариантов функционирования управляемых объектов (процессов). Установление «диагноза» в любой системе управления (и в подсистеме мониторинга в частности) не может рассматриваться в качестве конечной цели. Точно так же, как в медицине диагноз необходим для назначения лечения болезни, в управлении данные мониторинга служат основой для принятия корректирующих действий по устранению выявленных реальных или потенциальных проблем управления, что обеспечивается за счет реализации коррекционной функции мониторинга;

3) мотивационная функция. Рассмотрение любых управленческих вопросов неизбежно приводит к необходимости учета «человеческого фактора». В конечном итоге, любые проблемы управления в организации, равно как и достижения, связаны с деятельностью персонала, эффективность которой напрямую связана с мотивацией. Мониторинг способствует развитию трудовой мотивации, актуализируя потребность в достижении цели (путем фиксации оптимальных критериев деятельности), а также способствуя формированию оправданных ожиданий (сигнализируя о соответствии трудового процесса запланированному состоянию, либо отклонений от него).

Помимо этого мониторинг выполняет информационно-аналитическую и прогностическую функции, которые имеют отношение как к получению посредством мониторинга новых научных знаний, так и к информационно-аналитическому обеспечению принятия управленческих решений.

Информационно-аналитическая функция мониторинга представляет собой тот «каркас», на котором базируется реализация всех остальных его функций. В содержательном плане информационно-аналитическая функция мониторинга включает действия по сбору, накоплению, обработке, систематизации и анализу информации, служащей основой для получения нового научного знания и (или) выработки оптимальных управленческих решений.

Предвидение как важная составляющая научного поиска и управления обеспечивается реализацией прогностической функции мониторинга. Полученная в результате мониторинга информация дает возможность строить прогнозы и разрабатывать сценарии будущего развития организации.

Следующим элементом мониторинга как информационно-аналитической подсистемы управления являются методы мониторинга. Под методами мониторинга мы понимаем конкретные способы осуществления мониторинговой деятельности, выполнения всех мониторинговых функций. Соответственно функциональному содержанию мониторинговой деятельности методы мониторинга включают совокупность методов учета, хранения, оценки, анализа информации, прогнозирования и т.д. Используемые в мониторинге методы формируются с учетом специфики объектов мониторинга. Так, например, учет информации о физических параметрах производственных процессов может осуществляться с использованием средств контрольно-измерительных приборов и автоматики, а сбор информации о социальных процессах в организации – на основе анкетирования или устного опроса персонала. Точно так же, как, например, при прогнозировании одних процессов, могут использоваться методы экономико-математического моделирования, а для других – методы экспертных оценок или методы разработки сценариев.

Мониторинг как информационно-аналитическая подсистема управления в организации органично вписывается в практическую управленческую деятельность. Для иллюстрации такого вывода воспользуемся двумя классическими подходами к исследованию управленческой деятельности.

Первый подход состоит в рассмотрении управленческой деятельности как процесса принятия и реализации управленческих решений. Данный подход указывает на очевидную связь мониторинга и управления и позволяет рассматривать его как подсистему подготовки и обоснования принимаемых управленческих решений (рис. 2). Укрупненно такой подход позволяет выделить две взаимосвязанные подсистемы в системе управления организацией: подсистему мониторинга и подсистему принятия и реализации управленческих решений, а в качестве системообразующего фактора выделить цели управления. Использование мониторинга как информационно-аналитической подсистемы управления имеет три основных преимущества.

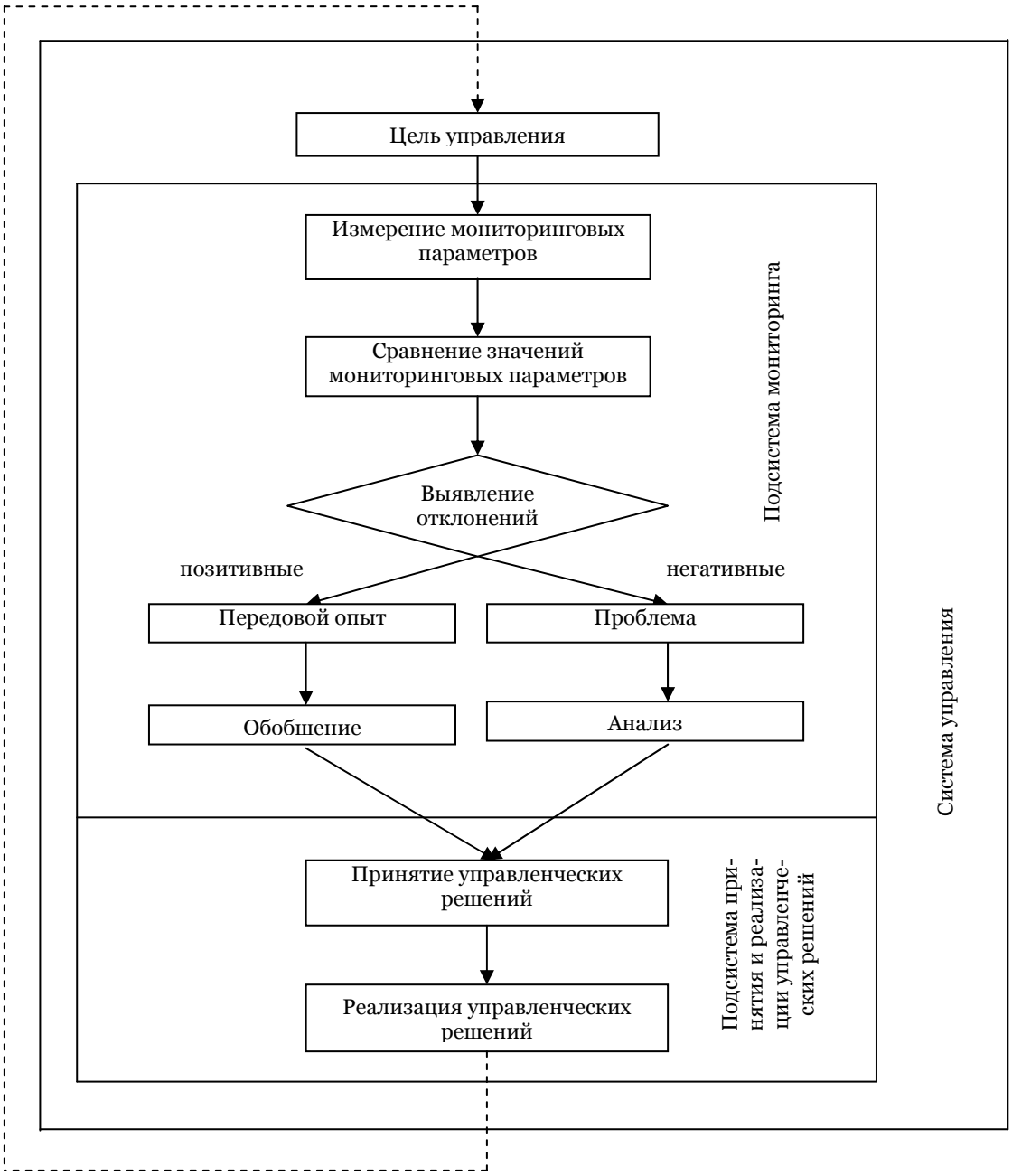


Рис. 2. Мониторинг в системе управления организацией
Fig. 2. Monitoring in the organization's management system

Первое состоит в своевременном обнаружении реальных и потенциально возможных проблем управления (под проблемами управления мы понимаем несоответствие ситуации поставленной цели управления, проявляющееся в негативных отклонениях мониторинговых параметров).

Это дает возможность оперативной корректировки управляемых процессов путем принятия и реализации управленческих решений еще до того, как проблема встанет «в полный рост».

Второе заключается в качественно ином уровне принимаемых на основе данных мониторинга управленческих решений. Отсутствие достаточной объективной информации порождает в управлении так называемую практику «латания дыр», когда управленческие решения принимаются без комплексного учета всех факторов, обуславливающих наличие проблемы. Обширная база мониторинговых данных позволяет минимизировать ошибки при принятии управленческих решений.

Наконец, мониторинг позволяет своевременно зафиксировать позитивные изменения в организации, что дает возможность распространения передового опыта на основе его изучения и обобщения.

Второй подход к исследованию управленческой деятельности заключается в рассмотрении управления как процесса последовательной реализации управленческих функций. Данная концепция, основоположником которой является А. Файоль, находит широкое применение в различных интерпретациях отечественных и зарубежных исследователей. Наиболее традиционный подход к выделению функций управления в зависимости от принадлежности к определенным этапам процесса управления включает четыре основные функции: планирование, организация, мотивация и контроль. Мы дополняем этот перечень функцией целеполагания. Многие авторы рассматривают данную функцию в составе функции планирования. Этим, по нашему мнению, умаляется роль целей в управлении, которую очень сложно переоценить, ведь в управлении все начинается с постановки целей, поскольку под управлением понимается не всякое, а только целенаправленное воздействие на управляемые объекты (процессы). Рис. 3 иллюстрирует взаимосвязь и основные направления влияния мониторинга на процесс управления.

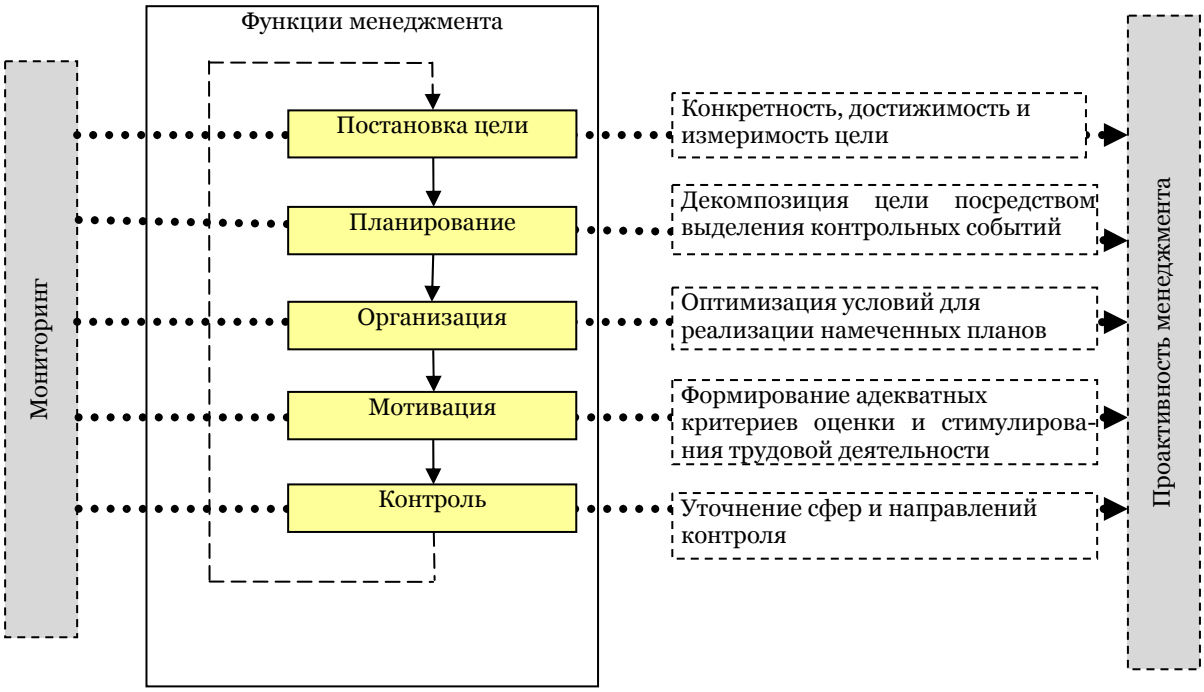


Рис. 3. Влияние мониторинга на реализацию основных функций управления
Fig. 3. Influence monitoring on the main management functions

Специфика влияния мониторинга на управленческий процесс заключается в возможности более полного учета при реализации управленческих функций турбулентных изменений факторов внутренней и внешней среды организации. Влияние мониторинга на процесс постановки цели сводится к уточнению желаемого и достижимого результата в целях создания условий для его формального описания, отслеживания, оценки. При этом повышаются требования как к качеству постановки целей, так и к учету ситуационных факторов. Это позволяет в дальнейшем более обоснованно подходить к определению промежуточных точек (контрольных событий) на пути достижения цели в рамках функции планирования. Планирование контрольных событий служит задаче своевременного получения «сигналов» об отклонениях, либо соответствиях реальной ситуации запланированной.

В самом общем виде под организацией как функцией управления понимают создание условий для успешной реализации намеченных планов. Мониторинг позволяет выявить «узкие» места в

организационной деятельности и, тем самым, позволяет оптимизировать условия реализации планируемых мероприятий. Благодаря мониторингу появляется возможность формирования мотивационные систем, более полно и адекватно отражающих взаимосвязь результатов трудовой деятельности и получаемого работниками вознаграждения, что обеспечивает более эффективную реализацию функции мотивации. В плане развития контроля мониторинг способствует выявлению тех сфер, направлений и аспектов деятельности, которые в наибольшей степени нуждаются в активном контроле.

Резюмируя сказанное, можно отметить, что совокупное влияние мониторинга на основные функции управления отражает трансформацию менеджмента в проактивную систему, предвосхищающую и предусматривающую, активно реагирующую на изменения ситуационных факторов и адекватную современной турбулентной реальности.

Выводы

Анализ принципов, методов и функций мониторинга в системе управления организацией позволил нам сделать следующие выводы:

1. Общие принципы осуществления мониторинга в организации представляют собой интерпретацию фундаментальных универсальных принципов управления применительно к мониторинговой деятельности. Праксеологический, квалиметрический и гуманистический подходы к авторскому выделению специфических принципов мониторинга (регулярности, интегративности, прогностичности, валидности, информационной полноты, информационной достаточности, конкретности, гласности и конструктивизма) создают условия для рационализации и гуманизации мониторинговой деятельности. Выделенные нами общие и специфические принципы мониторинга представляют собой взаимоувязанную систему, наибольший эффект которой достигается за счет их комплексного использования.

2. Целесообразно и обоснованно выделение трех групп функций мониторинга, включающих следующие субфункции – познавательную, исследовательскую, методическую, диагностическую, коррекционную, мотивационную, информационно-аналитическую и прогностическую функции. Подобный подход позволяет рассматривать мониторинг не только как средство получения нового знания об управляемых объектах и процессах, но и как средство информационно-аналитической поддержки управления.

3. Общие и специфические принципы, функции и методы мониторинга определяют основную роль мониторинга в управлении организациями, которая состоит в обеспечении проактивности менеджмента, исключении присущей многим современным отечественным организациям практики управления по типу «пост-фактум» и замене ее практикой опережающего управления.

Список литературы
References

1. Игнатова Т.В., Слинков А.М. 2016. Мониторинг как управленческий процесс: сущностно-категориальная характеристика. Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 1 (68): 26–31.

Ignatova T.V., Slinkov A.M. 2016. Monitoring kak upravlencheskij process: sushhnostno-kategorial'naja harakteristika. Nauka i obrazovanie: hozjajstvo i jekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie. 1 (68): 26–31. (in Russian)

2. Брагинец А.Н. 2013. Уточнение функций мониторинга экономической деятельности предприятий. Проблемы экономики. 4: 271.

Braginec A.N. 2013. Utochnenie funkcij monitoringa jekonomicheskoj dejatel'nosti predprijatij. Problemy jekonomiki. 4: 271. (in Russian)

3. Лисачкина В.Н. 2012. Мониторинг качества профессионального обучения специалистов. Известия Самарского научного центра РАН. 2–4: 918–919.

Lisachkina V.N. 2012. Monitoring kachestva professional'nogo obuchenija specialistov. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2–4: 918–919. (in Russian)

4. Сергеева Е. В., Чандра М. Ю. 2013. Организационно-педагогические условия реализации мониторинга качества освоения обучающимися основных образовательных программ вуза. Фундаментальные исследования. 10–4: 871.

Sergeeva E. V., Chandra M. Ju. 2013. Organizacionno-pedagogicheskie uslovija realizacii monitoringa kachestva osvoenija obuchajushhimisja osnovnyh obrazovatel'nyh programm vuza. Fundamental'nye issledovanija. 10–4: 871. (in Russian)

5. Граничина О.А. 2009. Мониторинг качества образовательного процесса в контексте управления вузом. Экология человека . 9: 34.

Granichina O.A. 2009. Monitoring kachestva obrazovatel'nogo processa v kontekste upravlenija vuzom. Jekologija cheloveka . 9: 34. (in Russian)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.421.5

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ПРОЦЕДУРЫ ПОРОЖДЕНИЯ КУМУЛЯТИВНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

ANALYSIS AND SYNTHESIS PROCEDURES FOR THE GENERATION OF CUMULATIVE SEQUENCES

В.В. Румбешт
V.V. Rumbesht

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

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

e-mail: rumbesht@bsu.edu.ru

Аннотация. Статья посвящена решению задач анализа и синтеза процедуры порождения кумулятивной последовательности, используемой в каскадном методе. В этой статье ставится и решается общая задача заполнения таблицы Кэли по как можно меньшему количеству наблюдений за абстрактным устройством, реализующем операцию циклической группы. Полученные результаты применяются для анализа кумулятивной последовательности и реализации порождающей ее процедуры. На основании обобщения подхода к реализации этой процедуры в статье предлагается методика синтеза, позволяющая реализовать в этой процедуре как можно больше допустимых операций.

Resume. The article is devoted to solving problems of analysis and synthesis procedure for generating a cumulative sequence used in a cascade method. In this article, we posed and solved the general problem of filling the table Cayley the fewest number of observations of an abstract device that implements the operation of a cyclic group. The results are used to analyze the cumulative sequence of generating and implementing its procedures. Based on a generalized approach to the implementation of this procedure in the article offers a method of synthesis that allows to realize in this procedure as much as possible admissible operations.

Ключевые слова: каскадный метод, процедура порождения кумулятивных последовательностей, анализ, синтез.

Keywords: cascade method, a procedure of generating a cumulative sequence, analysis, synthesis.

Введение

Одной из основных процедур, применяемых в каскадном методе, является процедура порождения кумулятивной последовательности (процедура порождения КП). Параметрами этой процедуры выступают начальный элемент, принадлежащий носителю циклической группы, и очередной член порождающей последовательности, так же принадлежащий этому множеству. Внутренне состояние процедуры на момент инициализации совпадает с начальным элементом. После каждого обращения к этой процедуре она выдает на выход значение равное результату групповой операции, примененной к внутреннему состоянию и очередному члену порождающей последовательности. При этом очередное внутреннее состояние принимается равным выходу [1]. В каскадном методе процедура порождения КП применятся на каждом уровне преобразований и формирует выходные последовательности этих уровней.

В работе [2] введено понятие конфигурации каскадов, которое предполагает, что на каждом уровне преобразования в процедуре порождения КП может применяться любая операция из $\Theta_{\neq}$ - множества так называемых попарно неконгруэнтных операций, которое содержит $\frac{(N-1)!}{\varphi(N)}$ элементов, где N - порядок группы, φ - функция Эйлера. Уже при относительно небольших значениях N

количество элементов $\Theta_{\neq}$ оказывается велико даже для их полного перечисления, не говоря уже о реализации всех этих операций.

Для дальнейшего развития и реализации каскадного метода актуальными являются следующие задачи:

- задача анализа процедур порождения КП, которая состоит в получении описания операций любой допустимой, но заранее неизвестной конфигурации каскадов по последовательности, порождаемой каскадным методом;
- задача синтеза таких процедур порождения КП, которые поддерживают как можно больше операций из $\Theta_{\neq}$.

Целью данной статьи является поиск решения задачи анализа процедуры порождения КП по ее непосредственному выходу, обобщение полученных результатов и создание методики синтеза процедур порождения КП, позволяющей реализовать в них как можно большее количество неконгруэнтных операций.

Заполнение таблицы Кэли по наблюдениям за процедурой, реализующей операцию циклической группы

Прежде чем приступить к анализу процедуры порождения КП, сформулируем и решим более общую задачу. Пусть имеется абстрактное устройство (процедура), имеющее два входа и один выход, которое рассматривается как черный ящик. Об этом устройстве известно только то, что оно реализует операцию циклической группы $<U,\otimes>$ порядка N. Имеется возможность подавать элементы U на его входы и получать с выхода результат его работы. Требуется, используя как можно меньше обращений к устройству, заполнить таблицу Кэли групповой операции.

Самый простой способ заполнения таблицы Кэли заключается в подаче на входы устройства всех возможных пар элементов U с последующим снятием результата и помещения его в соответствующую ячейку таблицы. Очевидно, что количество обращений к устройству в этом случае составит N^2.

Учитывая, что циклическая группа является коммутативной, и то, что каждая строка таблицы Кэли групповой операции представляют собой перестановку элементов U, то есть имеет $N-1$ степеней свободы, количество обращений к устройству можно сократить до $\sum_{n=1}^{N-1} n = \frac{N^2-N}{2}$. Но и это решение не удовлетворяет условию поставленной задачи.

Приемлемое решение можно получить, если заполнить строку таблицы Кэли, соответствующую одному из образующих элементов группы $<U,\otimes>$. Для заполнения такой строки потребуется $N-1$ обращение к устройству.

Идея этого решения обусловлена тем, что по теореме Кэли [3] любая конечная группа $<U,\otimes>$ изоморфна некоторой подгруппе симметрической группы $S(U)$. Такой изоморфизм определяется следующим образом: каждому элементу $u \in U$ сопоставляются подстановка π_u, такая что $\forall x \in U : \pi_u(x) = u \otimes x$. Если $g \in U$ является образующим элементом циклической группы $<U,\otimes>$, то и π_g - образующий элемент циклической подгруппы симметрической группы $S(U)$.

Подстановка π_g полностью определят соответствующую строку таблицы Кэли операции $\otimes$. Возводя π_g в различные степени от 2 до N (применяется операция умножения подстановок), можно получить все остальные элементы указанной подгруппы симметрической группы $S(U)$ и, следовательно, все недостающие строки таблицы Кэли для операции $\otimes$.

По условию задачи нам неизвестно, какие элементы группы $<U,\otimes>$ являются образующими, и заполнение таблицы Кэли придется выполнять в два этапа: сначала путем обращения к нашему устройству найти образующий элемент $g \in U$ и построить подстановку π_g, и только затем реализовать указанную идею. На рис. 1a и рис. 1b приведены алгоритмы выполнения этих этапов.

Алгоритм *CreateSubst* (рис. 1a) выполняет построение подстановки $\pi : U \to U$, такой что $\forall u \in U : \pi(u) = g \otimes u$, где g - образующий элемент группы $<U,\otimes>$. В качестве входа он принимает множество U и операцию $\otimes$ (если угодно – наше абстрактное устройство). Результатом его работы являются g и π.

На первом шаге алгоритма *CreateSubst* выполняется пометка всех элементов U как необработанных. Далее выполняется итерационный процесс произвольного выбора необработанного элемента $g \in U$ и попытка полного определения подстановки π с помощью операции $\otimes$. При этом

каждый элемент, являющийся результатом операции $\otimes$, помечается как обработанный. Процесс определения подстановки π (возможно не полного) завершается тогда, когда результатом операции окажется выбранный элемент g. В ходе этих действий все элементы, порядок которых делит порядок элемента g, окажутся помеченными как обработанные. После чего итерационный процесс выбора необработанного элемента и попытки построения для него подстановки продолжается. Если выбранный элемент g окажется образующим группы $<U,\otimes>$, то подстановка π будет определена полностью, и все элементы U будут помечены как обработанные, что обеспечивает выход из цикла и завершение алгоритма.

Алгоритм *CreateCaylay* (рис. 1b*)* выполняет заполнение таблицы Кэли для операции $\otimes$. Входными данными этого алгоритма являются множество U и его мощность N, образующий элемент $g \in U$ и соответствующая ему подстановка π. Результатом его работы является T - таблица Кэли.

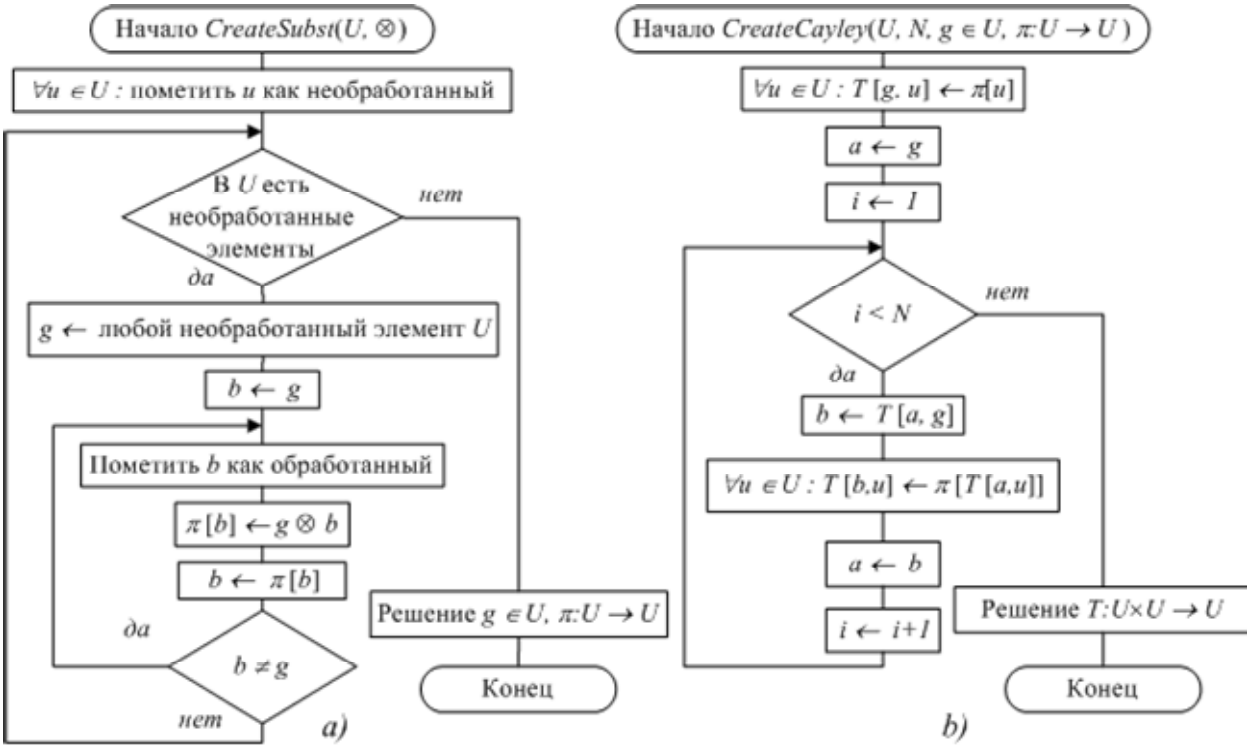


Рис. 1. Этапы заполнения таблицы Кэли:
a) алгоритм построения подстановки $\pi : U \to U$, такой, что $\forall u \in U : \pi(u) = g \otimes u$,
где g - образующий элемент группы $<U,\otimes>$;
b) алгоритм заполнения таблицы Кэли по g и π
Fig. 1. The steps of filling the table Cayley:
a) the algorithm for constructing the substitution $\pi : U \to U$,
such that $\forall u \in U : \pi(u) = g \otimes u$, where g - generator of the group $<U,\otimes>$;
b) the algorithm of filling out the Cayley table for g and π

Первый шаг алгоритма *CreateCaylay* состоит в заполнении строки T, соответствующей элементу g. Для этого применяется подстановка π. Далее выполняется $N-1$ итерация для всех оставшихся строк T. На каждой из этих итераций применяются две вспомогательных переменные a и b, содержащие элементы U, соответствующие предыдущей и текущей заполняемым строкам. Изначально полагается, что a содержит g. Каждая итерация начинается с помещения в b содержимого $T[a,g]$, что дает эффект вычисления очередной степени g. Затем заполняется строка T, соответствующая элементу b. Для заполнения этой строки применяется композиция подстановки π и подстановки, соответствующей элементу a, что аналогично вычислению очередной степени π. Итерация завершается помещением в a содержимого b. После выполнения всех итераций таблица Кэли оказывается заполненной.

Из приведенного выше описания видно, что обращения к устройству, реализующему групповую операцию, сконцентрированы в алгоритме *CreateSubst*. Количество этих обращений зависит от того, какие элементы будут выбираться для попыток построения подстановки. Можно выделить лучший и худший случай для выполнения этого алгоритма. В лучшем случае в качестве g сразу будет выбран образующий элемент группы $<U,\otimes>$ и понадобится N обращений. В худшем случае первым будет выбран нейтральный элемент (элемент первого порядка) и затем элементы по возрастанию их порядков, вплоть до образующего элемента. Очевидно, что в худшем случае потребуется количество обращений к устройству равное $\sum_{d|N} d$, где d - делитель порядка группы и суммирование выполняется по всем таким делителям.

Анализ кумулятивной последовательности и реализация порождающей ее процедуры

Как и в предыдущем случае будем считать, что имеется абстрактное устройство без входов и с одним выходом, рассматриваемое как черный ящик. Далее будем называть его генератором. О нем известно, что он реализует каскадный метод порождения периодических последовательностей. Известно множество U, над которым строятся последовательности, его мощность N и количество уровней преобразований в методе k. Имеется возможность получать члены последовательности с выхода генератора строго в порядке их порождения. Требуется установить групповую операцию $\otimes$, применяемую в процедуре порождения КП последнего уровня преобразования, и оценить, сколько для этого потребуется обращений к генератору.

Пусть $X_{\rightarrow} = (x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots)$ - последовательность, формируемая на выходе генератора. Согласно [1] эта последовательность обладает следующими структурными свойствами: ее период составляет N^k, характеристическая функция ее периодического отрезка имеет вид $\forall u \in U : \chi_{[X_{\rightarrow}]}(u) = N^{k-1}$, то есть на периодическом отрезке $[X_{\rightarrow}]$ присутствуют все элементы U, и каждый из них встречается N^{k-1} раз. Более того, в [1] показано, что члены $X_{\rightarrow}$ обладают следующим свойством: для всех натуральных i: $x_{i+N^{k-1}} = x_i \otimes g$, где g – параметр k-го уровня преобразования, являющийся образующим в группе $<U,\otimes>$.

Указанные свойства $X_{\rightarrow}$ могут быть использованы для определения подстановки π, такой, что $\forall u \in U : \pi(u) = g \otimes u$. На рис. 2 приведен алгоритм построения этой подстановки.

Алгоритм *CreateSubst1* (рис. 2) выполняет построение подстановки $\pi : U \rightarrow U$, такой что $\forall u \in U : \pi(u) = g \otimes u$, где g – образующий элемент группы $<U,\otimes>$. В качестве входа он принимает множество U, его мощность N, период последовательности, порождаемую генератором $\tau = N^k$, и собственно сам генератор $G(\,)$ Результатом его работы является π. На первом шаге алгоритма *CreateSubst1* выполняется пометка всех элементов U как необработанных, вычисление величины $n = \frac{\tau}{N} = N^{k-1}$ и заполнение вспомогательного массива x первыми n членами последовательности. Для заполнения массива производится обращение к генератору $G(\,)$. Далее выполняется итерационный процесс определения подстановки π до тех пор, пока все элементы U окажутся помеченными как обработанные. В ходе этого процесса выполнятся цикл по перебору элементов массива x в направлении от первого к последнему, который завершается, если будут перебраны все его элементы, либо досрочно – когда все элементы U окажутся помеченными как обработанные. Тело цикла содержит обращение к генератору $G(\,)$ и помещение результата его работы во вспомогательную переменную a. Затем выбирается очередной элемент массива $x[i]$. Если он является необработанным элементом U, то помечается как обработанный и полагается что $\pi[x[i]]$ равно a. Далее, независимо от предыдущего условия, в элемент $x[i]$ помещается значение a и выполняется переход к следующему элементу массива. По окончании выполнения цикла итерационный процесс определения подстановки продолжается. Когда все элементы U будут обработаны, итерационный процесс завершится и подстановка π будет полностью определена.

В алгоритме *CreateSubst1* количество обращений к генератору зависит от последовательности, им порождаемой. Можно выделить лучший и худший случаи выполнения алгоритма. В лучшем случае первые N члены последовательности пробегают все множество U. Очевидно, что для полного определения подстановки потребуется $N^{k-1} + N$ обращений к генератору. В худшем случае пер-

вые N^{k-1} члены последовательности равны между собой. Количество обращений к генератору в данном случае составит $N^k + 1$.

Следует отметить, что по условию задачи нам не известен g-параметр k-го уровня преобразования каскадного метода. Поэтому определить групповую операцию для этого уровня можно лишь с точностью до класса эквивалентности конгруэнтных операций [2]. Во введении к данной статье отмечено, что на каждом уровне преобразования в процедуре порождения КП может применяться любая операция из множества попарно неконгруэнтных операций. Это множество формируется путем включения в него по одному элементу из каждого класса эквивалентности конгруэнтных операций [2]. Какая конкретно операция будет выбрана из класса эквивалентности – не принципиально. Следовательно, операцию можно выбрать произвольно, а для заполнения таблицы Кэли можно воспользоваться алгоритмом *CreateCaylay* (рис. 1b) с параметрами U, N, g и π, где π - подстановка сформированная алгоритмом *CreateSubst1*, а g-любой элемент U.

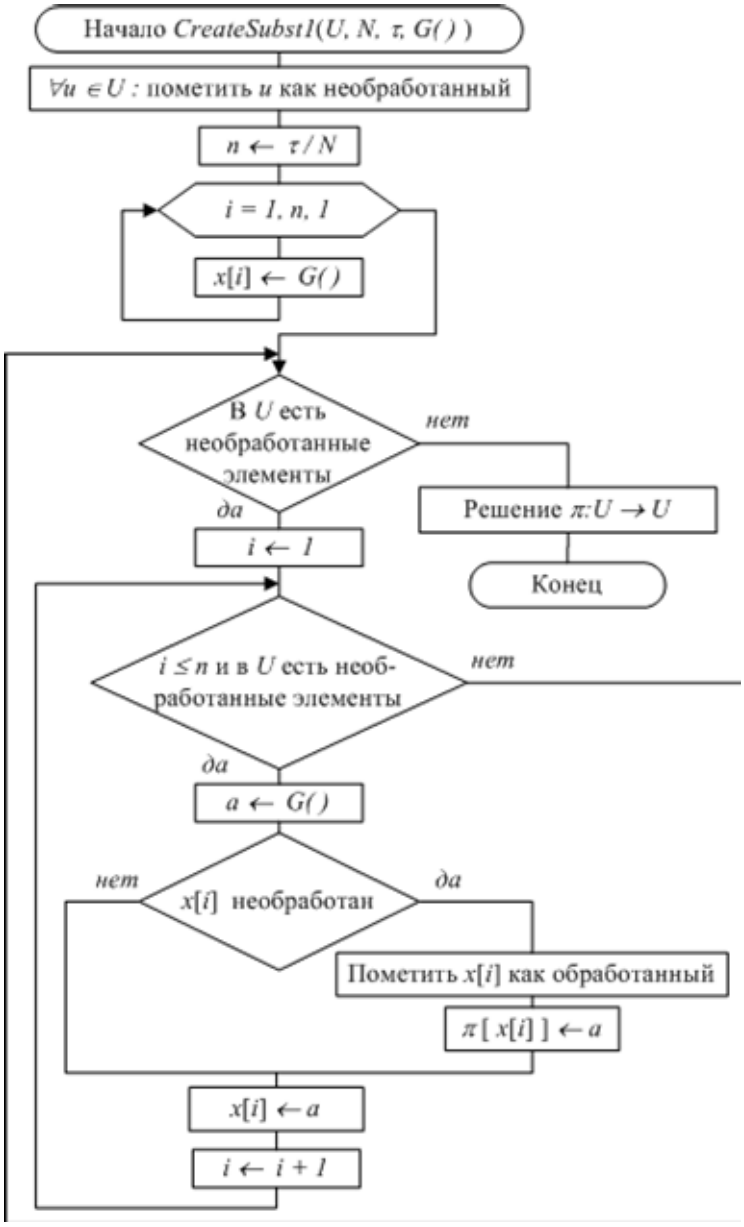


Рис. 2. Алгоритм построения подстановки $\pi : U \to U$ по кумулятивной последовательности
Fig. 2. The algorithm for constructing the substitution $\pi : U \to U$ on the cumulative sequence

Реализация процедуры порождения КП в основном сводится к реализации групповой операции. Вариант реализации с прямым использованием таблицы Кэли является не самым лучшим решением. Хотя он и хорош с точки зрения временной сложности (имеет временную сложность по-

рядка $O(1)$), но для хранения таблицы требуется N^2 ячеек памяти. Поэтому требуется найти более эффективное решение.

Все циклические группы заданного порядка N изоморфны между собой. В частности все они изоморфны аддитивной группе кольца вычетов по модулю N. Обозначим эту группу как $<Z_N,+>$, где $Z_N=\{0,1,\ldots,N-1\}$, "+" – операция сложения по модулю N. Рассмотрим $\psi:U\to Z_N$ - изоморфизм группы $<U,\otimes>$ на $<Z_N,+>$. Прообраз элемента $u\in U$ на множестве Z_N будем называть индексом.

Поскольку биекция ψ является изоморфизмом групп $<U,\otimes>$ и $<Z_N,+>$, имеем $\forall a,b\in U$: $\psi(a\otimes b)=\psi(a)+\psi(b)$. Отсюда операцию группы $<U,\otimes>$ можно определить как $\forall a,b\in U:\ a\otimes b=\psi^{-1}(\psi(a)+\psi(b))$, где ψ^{-1} - биекция обратная к ψ.

Отсюда непосредственно следует вариант реализации операции $\otimes$ с помощью индексов. Введем так называемую таблицу индексов. Для этого присвоим номера от 0 до $N-1$ всем элементам множества U с помощью функции-нумератора $Num:U\to Z_N$. Тот факт, что для элемента $u\in U$: $Num(u)=i$, будем обозначать u_i. Таблицу индексов будем представлять в виде массива Ind из N чисел. Элементы массива нумеруются от 0 до $N-1$. В таблице индексов элемент массива $Ind[i]$ содержит $\psi(u_i)$. Вычисление результата операции $\otimes$ сводится к двум обращениям к таблице индексов по номерам элементов-операндов операции, вычислении суммы по модулю N их индексов, с последующим линейным поиском в массиве Ind номера элемента соответствующего полученной сумме. Поскольку Ind содержит все числа 0 до $N-1$, такой поиск всегда будет успешен, и его результат – есть номер результата операции $\otimes$. Очевидно, что временная сложность этого варианта реализации групповой операции имеет порядок $O(N)$ и, при этом, требуется всего N ячеек памяти для хранения таблицы индексов.

Заполнение таблицы индексов может быть выполнено с помощью таблицы Кэли групповой операции. По таблице Кэли определяется нейтральный элемент группы и ему назначается индекс 0. Из множества образующих элементов группы $<U,\otimes>$ произвольным образом выбирается один элемент g_{Base}, так называемый базовый образующий, и ему назначается индекс 1. Далее с помощью таблицы Кэли g_{Base} возводится в степени от 2 до $N-1$, и соответствующим степеням g_{Base} назначается индекс равный показателю степени.

Методика синтеза процедуры порождения кумулятивных последовательностей

Предложенный выше способ реализации групповой операции с помощью таблицы индексов предполагает, что должна быть задана таблица Кэли. Кроме этого получается, что в данной реализации имеем следующую ситуацию: одна таблица индексов – одна операция. Это не совсем удобно, если требуется единообразно и с минимальными затраченными ресурсами реализовать большое количество операций, которые могут быть применены для конфигурирования каскадного метода. В этом разделе будет предложена методика, позволяющая с использованием одной таблицы индексов реализовать не одну, а множество операций.

Для начала определим, какими свойствами должны обладать таблицы индексов, задающие неконгруэнтные операции.

Несложно заметить, что любая таблица индексов есть подстановка на Z_N. Всего таких подстановок N, а различных операций, образующих из множества U циклическую группу порядка N, существует $\dfrac{N}{\varphi(N)}$ [2]. Дело в том, что одной и той же операции соответствуют $\varphi(N)$ таблиц индексов. Пусть $Ind_{\otimes}$ и $Ind_{\overline{\otimes}}$ – таблицы индексов, соответствующие операциям $\otimes$ и $\overline{\otimes}$. Очевидно *утверждение 1*: операции $\otimes$ и $\overline{\otimes}$ не равны, если $\exists u_i,u_j\in U:\ Ind_{\otimes}[i]=Ind_{\overline{\otimes}}[i]=1$ и $Ind_{\otimes}[j]\neq Ind_{\overline{\otimes}}[j]$.

Кроме этого истинно *утверждение 2*: достаточным условием не конгруэнтности или равенства операций $\otimes$ и $\overline{\otimes}$ является $\exists u_k\in U:\ Ind_{\otimes}[k]=Ind_{\overline{\otimes}}[k]=0$. Действительно, когда операции $\otimes$ и $\overline{\otimes}$ являются конгруэнтными, но не равными, в группе $<U,\otimes>$ существуют отличные от нейтрального элемента p и p^{-1}, где p - параметр конгруэнтности $\otimes$ и $\overline{\otimes}$. Если p является параметром конгруэнтности $\otimes$ и $\overline{\otimes}$, то p^{-1} должен быть нейтральным элементом в $<U,\overline{\otimes}>$ [2]. Это противоречит

равенству нейтральных элементов групп $<U,\otimes>$ и $<U,\overline{\otimes}>$, следовательно, и условию $\exists u_k \in U$: $Ind_{\otimes}[k] = Ind_{\overline{\otimes}}[k] = 0$.

Из утверждений 1 и 2 следует, что операции $\otimes$ и $\overline{\otimes}$ неконгруэнтны, если

$$\exists u_i, u_j, u_k \in U: \ Ind_{\otimes}[i] = Ind_{\overline{\otimes}}[i] = 1 \text{ и } Ind_{\otimes}[j] \neq Ind_{\overline{\otimes}}[j] \text{ и } Ind_{\otimes}[k] = Ind_{\overline{\otimes}}[k] = 0. \quad (1)$$

Таким образом, приняв, например, $u_i = u_1$ и $u_k = u_0$ можно получить $(N-2)!$ различных таблиц индексов, каждая из которых соответствует своей уникальной операции, и все эти операции являются попарно не конгруэнтными. Следует отметить, что этими таблицами индексов можно задать только $\frac{\varphi(N)}{N-1}$ часть множества $\Theta_{\neq}$, поскольку условие (1) является лишь достаточным для неконгруэнтности операций.

Обозначим символом $S(Z_N \setminus \{0,1\})$ подгруппу симметрической группы $S(Z_N)$, элементами которой являются подстановки, переводящие 0 в 0 и 1 в 1, то есть имеющие как минимумдве неподвижные точки. Как было показано, элементы $S(Z_N \setminus \{0,1\})$ – суть таблицы индексов, задающие попарно неконгруэнтные операции.

Идея единообразной реализации множества попарно неконгруэнтных операций с помощью одной таблицы индексов заключается в выделении какой-либо циклической подгруппы $S(Z_N \setminus \{0,1\})$, которую обозначим как $S(Z_N \setminus \{0,1\})$. В этой подгруппе фиксируется некоторый образующий элемент – базовая таблица индексов, с помощью которой находятся все остальные таблицы индексов: элементы $S(Z_N \setminus \{0,1\})$. При таком подходе в памяти можно хранить только базовую таблицу, а значения остальных подстановок могут быть вычислены так, как показано в алгоритме исполнения групповой операции на рис. 3. Таким образом, с помощью одной базовой таблицы индексов можно реализовать n попарно неконгруэнтных операций, где n - порядок $S(Z_N \setminus \{0,1\})$.

Алгоритм *ExeOperation* (рис. 3) находит значение номера элемента $u_c = u_a \otimes u_b$, где $\otimes$ - операция группы $<U,\otimes>$, таблица индексов которой принадлежит $S(Z_N \setminus \{0,1\})$. Входными данными этого алгоритма являются: a и b - номера элементов $u_a \in U$ и $u_b \in U$; N - порядок $<U,\otimes>$; Ind - базовая таблица индексов (образующий элемент $S(Z_N \setminus \{0,1\})$); n - порядок группы $S(Z_N \setminus \{0,1\})$; m - номер операции (целое число от 0 до $n-1$, представляющее собой показатель степени подстановки, в которую возводится Ind для получения таблицы индексов выполняемой операции). Результатом выполнения алгоритма является c - номер элемента $u_c \in U$.

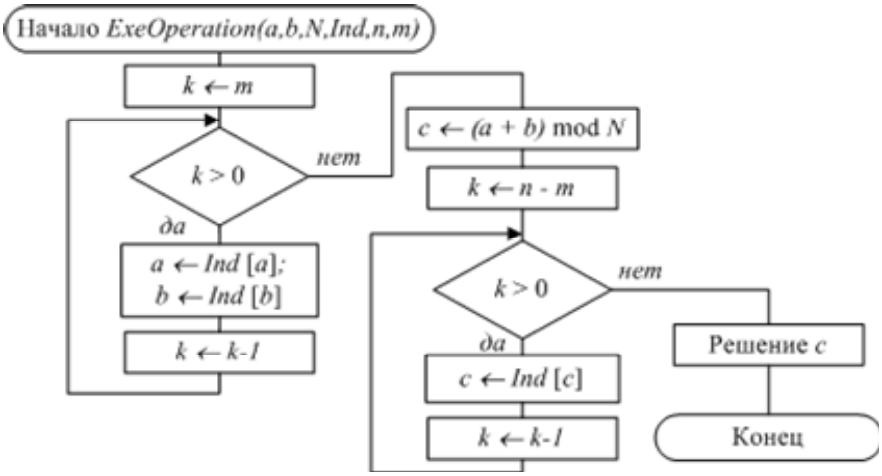


Рис. 3. Алгоритм исполнения групповой операции
Fig. 3. The algorithm execution group operation

На первом этапе выполнения алгоритма *ExeOperation* значения a и b заменяются их образами в подстановке Ind^m, что реализовано в виде цикла из m итераций, каждая из которых состоит в замене значений a и b на значения $Ind[a]$ и $Ind[b]$ соответственно. Затем к полученным значениям a и b применяется операция "сумма по модулю N", результат которой помещается в переменную c. На завершающем этапе значение c заменяется ее прообразом в подстановке Ind^m, или,

что тоже самое – ее образом в подстановке обратной к Ind^m. Это действие реализовано циклом по замене c на $Ind[c]$, который выполняется $n-m$ раз.

Выполнение алгоритма *ExeOperation* требует N ячеек памяти для хранения базовой таблицы индексов, а его временная сложность имеет порядок $O(n)$.

Основная сложность в переложенном подходе состоит в нахождении базовой таблицы индексов, позволяющей реализовать как можно большее количество операций.

Для решения этой задачи рассмотрим следующие соображения, основанные на материале из источника [3]. Отметим, что любая подстановка $\pi \in S(Z_N \setminus \{0,1\})$ является образующим элементом некоторой циклической подгруппы $S(Z_N \setminus \{0,1\})$. Порядок этой подгруппы совпадает с порядком π. Кроме этого, любая подстановка представляется произведением независимых циклов. Все множество подстановок $S(Z_N \setminus \{0,1\})$ может быть разбито на классы эквивалентности, согласно структуре циклов, образующих произведение его элементов. Подмножество из $S(Z_N \setminus \{0,1\})$ образует класс $K = (k_1+2, k_2, \ldots, k_{N-2})$, если для каждой подстановки из этого подмножества количество независимых циклов длины $l \in \{2, 3, \ldots, N-2\}$ составляет k_l. В силу специфики элементов $S(Z_N \setminus \{0,1\})$, у всех классов эквивалентности количество циклов длины 1 составляет k_1+2. Очевидно, что для любого класса эквивалентности подстановок $(k_1+2, k_2, \ldots, k_{N-2})$ выполняется равенство

$$\sum_{l=1}^{N-2} k_l \cdot l = N-2. \tag{2}$$

При этом каждое решение уравнения (2) соответствует одному классу, а все решения покрывают все возможные классы эквивалентности подстановок из $S(Z_N \setminus \{0,1\})$.

Порядок подстановки равен наименьшему общему кратному длин циклов, определяющих класс эквивалентности, которому она принадлежит. То есть решение уравнения (2) определяет цикловую структуру и позволяет найти порядок элементов соответствующего класса эквивалентности подстановок. Поскольку нас интересует реализация как можно большего количества операций, в качестве базовой таблицы индексов следует выбрать подстановку, имеющую максимальный порядок. Для этого требуется вычислить функционал

$$n = \max_{\sum_{l=1}^{N-2} k_l \cdot l = N-2} \left(\underset{j=1}{\overset{N-2}{lcm}} \left(j^{f(k_j)} \right) \right), \tag{3}$$

где $f(k) = \begin{cases} 0, \, if \; k < 1; \\ 1, \, if \; k \geq 1. \end{cases}$, а максимум находится по всем решениям уравнения (2). В работе [3] описан алгоритм нахождения этих решений методом последовательного лексикографического перечисления. Для нашего случая потребуется не сложная модификация данного алгоритма. Модификация состоит в подсчете наименьшего общего кратного для очередного решения уравнения (2), сохранении текущего максимального значения lcm и соответствующего решения. В результате будет получена цикловая структура подстановок из $S(Z_N \setminus \{0,1\})$, имеющих максимальный порядок. Остается только подобрать или построить подстановку, удовлетворяющую этой цикловой структуре. На рис. 4 приведен алгоритм построения базовой таблицы индексов по заданной цикловой структуре и перестановке элементов множества Z_N.

Входными параметрами алгоритма *CreateBaseInd* (рис. 4) являются: N – количество элементов в таблице индексов; P – массив размерности N, в котором $P[0]=0$ и $P[1]=1$, а остальные элементы – некоторая перестановка оставшихся чисел из Z_N; K – массив размерности $N-2$, элементы которого задают цикловую структуру класса эквивалентности $(k_1+2, k_2, \ldots, k_{N-2})$ так, что $K[0]=k_1+2$, $K[1]=k_2$ и т.д., $K[N-3]=k_{N-2}$. Результат выполнения данного алгоритма есть $Ind \in S(Z_N \setminus \{0,1\})$ – базовая таблица индексов. В этом алгоритме вычисляется произведение независимых циклов для подстановки Ind. При этом массив P рассматривается как запись произведения независимых циклов. Вспомогательные переменные b и e применяются для указания начала и конца очередного цикла из этого произведения, а их значения определяются по описанию цикловой структуры из массива K. Перестановка в массиве P может быть порождена случайным образом с помощью алгоритма Фишера–Йетса [4].

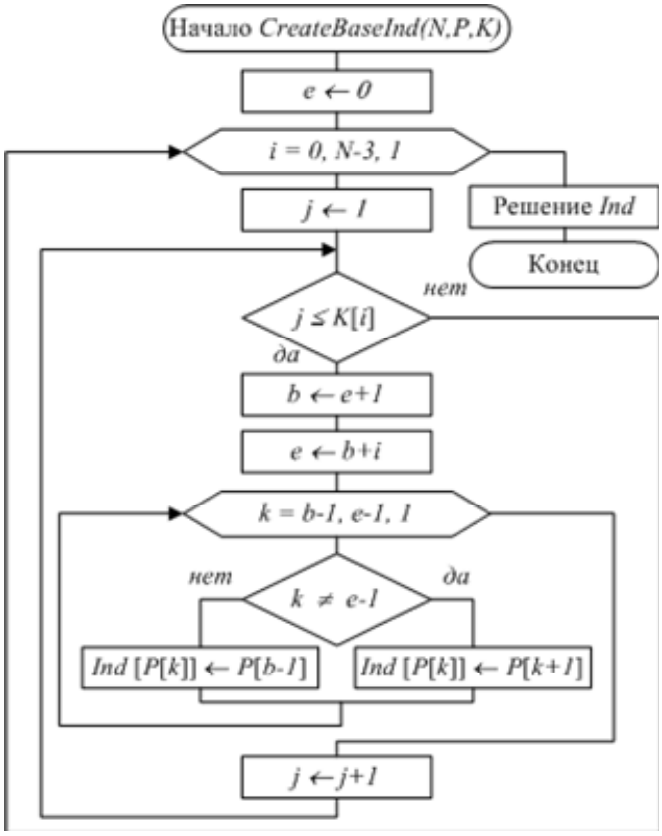


Рис. 4. Алгоритм построения базовой таблицы индексов
Fig. 4. The algorithm for constructing the base table indexes

Сформулируем окончательно методику синтеза процедуры порождения КП. Исходными данными методики является N – порядок группы, над которой порождается последовательность. Процедура порождения КП реализует алгоритм исполнения групповой операции (рис. 3). Параметр $m \in \{0, 1, \ldots, n-1\}$ этого алгоритма используется для конфигурирования и содержит номер операции. Параметр n – количество операций определяется при вычислении функционала (3) путем нахождения решений уравнения (2) по модифицированному алгоритму последовательного лексикографического перечисления. Одновременно с этим устанавливается цикловая структура базовой таблицы индексов (параметра Ind). Затем с помощью алгоритма Фишера–Йетса порождается случайная перестановка элементов множества $\{2, 3, \ldots, N-1\}$, которая вместе с полученной цикловой структурой используется в алгоритме построения базовой таблицы индексов Ind (рис. 4).

Заключение

Как было отмечено ранее, оценка временной сложности алгоритма исполнения групповой операции *ExeOperation* составляет $O(n)$, где n – количество операций, реализуемых алгоритмом. Опыт применения методики синтеза процедуры порождения КП показал, что функционал (3) растет сложным нелинейным образом в зависимости от N, причем довольно быстро (но не быстрее, чем 2^{N-2}). Так, например, при $N = 8$ значение n равно 6, при $N = 16$ значение n равно 84, при $N = 32$ значение n равно 4620, при $N = 64$ значение n уже равно 1141140, при $N = 128$ значение n превосходит $6{,}75 \cdot 10^9$, а при $N = 256$ значение n уже превосходит $3{,}82 \cdot 10^{15}$. Факт быстрого роста количества операций n свидетельствует об ограничении в применении методики синтеза процедуры порождения КП при стремлении реализовать максимально возможное количество операций.

Список литературы
References

1. Румбешт В.В. 2014. Каскадный метод порождения периодических последовательностей над элементами циклической группы. Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. № 8 (179) Выпуск 30/1: 103–112.

Rumbesht V.V. 2014. Kaskadnyj metod porozhdenija periodicheskih posledovatel'nostej nad jelementami ciklicheskoj gruppy. Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. № 8 (179) Vypusk 30/1: 103–112.

2. Румбешт В.В., Ядута А.З. 2015. Анализ применения конкретных групп в каскадном методе. Научные ведомости БелГУ. Серия: Экономика. Информатика. № 7 (204) Выпуск 34/1: 105–115.

Rumbesht V.V., Jaduta A.Z. 2015. Analiz primenenija konkretnyh grupp v kaskadnom metode. Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Jekonomika. Informatika. № 7 (204) Vypusk 34/1: 105–115.

3. Кофман А. 1975. Введение в прикладную комбинаторику. М., Наука, 480.

Kofman A. 1975. Vvedenie v prikladnuju kombinatoriku. M., Nauka, 480.

4. Кнут Д. 2007. Искусство программирования, том 2. Получисленные алгоритмы. М., Вильямс, 832.

Knut D. 2007. Iskusstvo programmirovanija, tom 2. Poluchislennye algoritmy. M., Vil'jams, 832.

УДК 621.396.01

О МЕТОДЕ СУБПОЛОСНОЙ ОПТИМАЛЬНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

METHOD SUBBAND OPTIMAL INTERPOLATION

Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова
E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova

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

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

e-mail: zhilyakov @bsu.edu.ru, chernomorets @bsu.edu.ru, bolgova _e@bsu.edu.ru

Аннотация. В работе предложен метод интерполяции изображений, основанный на оптимальном вычислении субполосных оценок производных интерполирующих изображений. Исследованы требования к выбору подобластей пространственных частот, в которых осуществляется вычисление субполосных оценок производных.

Resume. The paper presents the image interpolation method based on the calculation of the optimal subband estimates of the derivatives of interpolating images. We investigated the requirements for the selection of spatial frequencies sub-areas, in which the calculation of the subband estimates of derivatives was performed.

Ключевые слова: интерполяция, частотная подобласть, субполосная матрица, трансформанта Фурье
Keywords: interpolation, frequency subarea, subband matrix, Fourier transform

В задачах обработки изображений требуется детальный визуальный анализ полученных изображений, что возможно осуществить при увеличении их масштаба. Во многих случаях для решения данной задачи не существует возможности получить новое изображение наблюдаемой сцены с большим разрешением, тогда для масштабирования изображений необходимо применять интерполяционные методы, заключающиеся в вычислении значений интерполирующей функции в некотором фиксированном наборе точек, которые располагаются между пикселями исходных изображений [1].

Простейшим способом интерполяции изображений является интерполяция методом ближайшего соседа (ступенчатая интерполяция) — метод интерполяции, при котором в качестве промежуточного значения выбирается ближайшее известное значение функции. На практике часто применяется интерполяция функции нескольких переменных (билинейная интерполяция и бикубическая интерполяция). Недостатком является тот факт, что с ростом числа точек между узлами интерполяции возрастает порядок многочлена, а вместе с ним возрастает число операций, которые необходимо выполнить для вычисления точки на интерполирующей кривой. С ростом числа точек между узлами интерполяции на интерполирующей кривой возможно появление осцилляций.

Изображение, подлежащее интерполяции, представим в виде прямоугольной матрицы вещественных чисел $U=(u_{m1,m2})$, $m_1 = 1,2,...,M_1$, $m_2 = 1,2,...,M_2$. Значения интерполирующего изображения $\hat{U}=(\hat{u}_{n1,n2})$, $n_1 = 1,2,...,N_1$, $n_2 = 1,2,...,N_2$, следует вычислять в D_1 и D_2 промежуточных точках между исходными пикселями вдоль соответствующих осей координат (D_1 и D_2 – коэффициенты интерполяции), то есть размерности исходного и интерполирующего изображений связаны следующими соотношениями:

$$N_1 = D_1(M_1 - 1) + 1, \qquad N_2 = D_2(M_2 - 1) + 1. \tag{1}$$

При этом в узлах интерполяции должны выполняться следующие равенства:

$$\hat{u}_{D_1(m_1-1)+1, D_2(m_2-1)+1} = u_{m_1 m_2}, \; m_1 = 1,2,...,M_1, \; m_2 = 1,2,...,M_2. \tag{2}$$

Для решения задачи интерполяции разработаны различные методы, среди которых в настоящее время наибольшее распространение получила интерполяция на основе бикубических сплайнов. Следует, однако, отметить, что такой подход не позволяет учесть частотные свойства исходных изображений $U=(u_{m1,m2})$, $m_1 = 1,2,...,M_1$, $m_2 = 1,2,...,M_2$, которые можно описать с помощью трансформанты Фурье [2],

$$F(\omega_1,\omega_2)=\sum_{m_1=1}^{M_1}\sum_{m_2=1}^{M_2} u_{m_1m_2}e^{-j\omega_1(m_1-1)}e^{-j\omega_2(m_2-1)}, \quad (3)$$

где j – мнимая единица, ω_1, ω_2 – пространственные круговые частоты, $-\pi \le \omega_1 < \pi, \quad -\pi \le \omega_2 < \pi$.

Легко показать справедливость свойства периодичности (период равен 2π) по двум аргументам характеристики (3),

$$F(\omega_1+2\pi k_1,\omega_2+2\pi k_2)=F(\omega_1,\omega_2), \quad (4)$$

где k_1, k_2 – целые числа.

В свою очередь, трансформанта Фурье интерполирующего изображения,

$$\hat{F}^{D_1D_2}(x_1,x_2)=\frac{1}{D_1D_2}\sum_{i_1=1}^{N_1}\sum_{i_2=1}^{N_2}\hat{u}_{i_1i_2}e^{-jx_1(i_1-1)/D_1}e^{-jx_2(i_2-1)/D_2}, \quad (5)$$

$$-\pi D_1 \le x_1 < \pi D_1, \quad -\pi D_2 \le x_2 < \pi D_2,$$

будет также периодической функцией с периодами $2\pi D_1$ и $2\pi D_2$,

$$\hat{F}^{D_1D_2}(x_1+2\pi D_1k_1,x_2+2\pi D_2k_2)=\hat{F}^{D_1D_2}(x_1,x_2), \quad (6)$$

где k_1, k_2 – целые числа.

Интерес представляет установление условий, при которых в спектре интерполирующего изображения не появляются ложные частоты (aliasing).

Естественно потребовать, чтобы в спектре $\hat{F}^{D_1D_2}(x_1,x_2)$ интерполирующего изображения $\hat{U}$ присутствовали только компоненты, соответствующие спектру $F(\omega_1,\omega_2)$ исходного изображения U.

Поскольку в спектре $F(\omega_1,\omega_2)$ исходного изображения U присутствуют компоненты во всей подобласти V_π пространственных частот (ППЧ), соответствующей периоду трансформанты Фурье,

$$V_\pi=\{(\omega_1,\omega_2) \quad | \quad -\pi \le \omega_1 < \pi, \quad -\pi \le \omega_2 < \pi\}, \quad (7)$$

то, имея в виду основные положения теории дискретизации, в идеале в подобласти V,

$$\hat{V} \;=\{(x_1,x_2) \quad | \quad -\pi D_1 \le x_1 < \pi D_1, \quad -\pi D_2 \le x_2 < \pi D_2\}, \quad (8)$$

соответствующей периоду трансформанты $\hat{F}^{D_1D_2}(x_1,x_2)$ интерполирующего изображения $\hat{U}$, должно выполняться соотношение

$$\hat{F}^{D_1D_2}(x_1,x_2)=\begin{cases}F(x_1,x_2), & (x_1,x_2)\in V_\pi,\\ 0, & (x_1,x_2)\in \hat{V}\cap\overline{V}_\pi,\end{cases} \quad (9)$$

где $\overline{V}_\pi$ – дополнение подобласти V_π.

Учитывая, что при выполнении практических расчетов трансформант Фурье изображений в цифровом виде вычисления осуществляются в подобласти пространственных частот V_π вида (7), то в идеале соотношение (9) преобразуется к виду

$$\hat{F}(x_1,x_2)=\begin{cases}D_1D_2F(D_1x_1,D_2x_2), & (x_1,x_2)\in V_\pi^{\frac{1}{D_1}\frac{1}{D_2}},\\ 0, & (x_1,x_2)\in V_\pi\cap\overline{V}_\pi^{\frac{1}{D_1}\frac{1}{D_2}},\end{cases} \quad (10)$$

где

$$V_\pi^{\frac{1}{D_1}\frac{1}{D_2}}=\{(x_1,x_2) \quad | \quad -\pi/D_1 \le x_1 < \pi/D_1, \quad -\pi/D_2 \le x_2 < \pi/D_2\}, \quad (11)$$

$$\hat{F}\;(x_1,x_2)=\sum_{i_1=1}^{N_1}\sum_{i_2=1}^{N_2}\hat{u}_{i_1i_2}e^{-jx_1(i_1-1)}e^{-jx_2(i_2-1)}.$$

В виду ограниченности размеров изображений в точности выполнить условия (9–10) невозможно. Однако, можно добиться в некотором смысле наилучшего приближения к нему.

Покажем, что выполнению условий (9–10) способствует представление интерполирующего изображения U в виде следующих аппроксимаций

$$\hat{u}_{i_1i_2}=u_{11}+\sum_{k_1=1}^{i_1-1}\sum_{k_2=1}^{i_2-1}\psi_{k_1k_2}, \quad (12)$$

при $i_1=2,3,\ldots,N_1, \quad i_2=2,3,\ldots,N_2$,
и для начальных строки и столбца в виде

$$\hat{u}_{k,1}-u_{11}=\sum_{k_1=1}^{k-1}\varphi_{k_1,1}, \quad k=2,3,\ldots,N_1, \quad (13)$$

$$\hat{u}_{1,i} - u_{11} = \sum_{k_2=1}^{i-1} \varphi_{1,k_2}, \quad i = 2,3,...,N_2, \tag{14}$$

где значения $\{\psi_{k_1k_2}\}$, $\{\varphi_{k_1,1}\}$, $\{\varphi_{1,k_2}\}$, $k_1 = 1,2,...,N_1 - 1$, $k_2 = 1,2,...,N_2 - 1$, являются аппроксимациями второй и первой производных соответствующих фрагментов интерполирующего изображения [2].

При этом интерполяционные равенства принимают соответствующий вид

$$u_{m_1m_2} - u_{11} = \sum_{k_1=1}^{D_1(m_1-1)} \sum_{k_2=1}^{D_2(m_2-1)} \psi_{k_1k_2}, \tag{15}$$

при

$$m_1 = 2,3,...,M_1, \quad m_2 = 2,3,...,M_2,$$

и

$$u_{m_1,1} - u_{11} = \sum_{k_1=1}^{D_1(m_1-1)} \varphi_{k_1,1}, \quad m_1 = 2,3,...,M_1, \tag{16}$$

$$u_{1,m_2} - u_{11} = \sum_{k_2=1}^{D_2(m_2-1)} \varphi_{1,k_2}, \quad m_2 = 2,3,...,M_2, \tag{17}$$

когда речь идет о первых строке и столбце.

В самом деле, положим

$$Z_{\bullet 1}(z) = \frac{1}{D_1} \sum_{n=1}^{N_1-1} \varphi_{n,1} e^{-jz(n-1)/D_1}, \quad -\pi D_1 \le z < \pi D_1, \tag{18}$$

$$Z_{1\bullet}(z) = \frac{1}{D_2} \sum_{n=1}^{N_2-1} \varphi_{1,n} e^{-jz(n-1)/D_2}, \quad -\pi D_2 \le z < \pi D_2,$$

($Z_{\bullet 1}(z)$, $Z_{1\bullet}(z)$ – трансформанты Фурье векторов $\vec{\varphi}_{\bullet 1} = \{\varphi_{k_1,1}\}$, $\vec{\varphi}_{1\bullet} = \{\varphi_{1,k_2}\}$, $k_1 = 1,2,...,N_1 - 1$, $k_2 = 1,2,...,N_2 - 1$).

Тогда справедливо представление

$$\varphi_{k_1,1} = \frac{1}{2\pi D_1} \int_{-\pi D_1}^{\pi D_1} Z_{\bullet 1}(z) e^{jz(k_1-1)/D_1} dz. \tag{19}$$

Следующий шаг заключается в выборе таких аппроксимаций $\{\psi_{k_1,k_2}\}$, $\{\varphi_{1,k_2}\}$ и $\{\varphi_{k_1,1}\}$, $k_1 = 1,2,...,N_1 - 1$, $k_2 = 1,2,...,N_2 - 1$, соответствующих производным, область ненулевых значений спектров которых вида (18) или для двумерного случая следующего вида

$$\frac{1}{D_1 D_2} \sum_{k_1=1}^{N_1-1} \sum_{k_2=1}^{N_2-1} \psi_{k_1k_2} e^{-jz_1(k_1-1)/D_1} e^{-jz_2(k_2-1)/D_2}, \tag{20}$$

не выходили бы за пределы ППЧ, соответствующей условию (9).

Для простоты рассмотрим сначала одномерный вектор, имея в виду (13), (18) и (19).

Соответствующий вектор $\vec{\varphi}_{\bullet 1} = \{\varphi_{k_1,1}\}$, $k_1 = 1,2,...,N_1 - 1$ предлагается представить в виде разложения

$$\vec{\varphi}_{\bullet 1} = \sum_{k=1}^{N_1-1} \alpha_{\bullet k} \vec{q}_k^{\,\Omega_1}, \tag{21}$$

по ортонормированному базису, составленному из собственных векторов $\vec{q}_k^{\,\Omega_1}$, $k = 1,2,...,N_1 - 1$, так называемой субполосной матрицы A_{Ω_1} (понятие субполосной матрицы введено авторами и исследовано в работах [4, 5]), размерности $(N_1 - 1) \times (N_1 - 1)$, соответствующей, в общем случае, некоторой ППЧ $V(\widetilde{\Omega}_1, \Omega_1)$,

$$V(\widetilde{\Omega}_1, \Omega_1) = \{x_1 \mid x_1 \in [-\Omega_1, -\widetilde{\Omega}_1[\cup [\widetilde{\Omega}_1, \Omega_1[\}, \tag{22}$$
$$0 \le \widetilde{\Omega}_1, < \Omega_1 < \pi.$$

Значения пространственных частот $\widetilde{\Omega}_1$ и Ω_1 будут уточнены позже.

Далее в работе в качестве разложения вектора $\vec{\varphi}_{\bullet 1} = \{\varphi_{k_1,1}\}$, $k_1 = 1,2,...,N_1 - 1$ используется следующее представление его компонент

$$\varphi_{k_1,1} = \sum_{k=1}^{N_1-1} \alpha_{\bullet k} q_{k_1k}^{\Omega_1}, \; k_1 = 1,2,...,N_1 - 1, \tag{23}$$

где $q_{k_1k}^{\Omega_1}$ – компоненты собственных векторов $\vec{q}_k^{\,\Omega_1}$, $k = 1,2,...,N_1 - 1$, субполосной матрицы $A_{\Omega_1} = \{a_{im}^{\Omega_1}\}$, $i,m = 1,2,...,N_1 - 1$, соответствующей ППЧ $V(\widetilde{\Omega}_1, \Omega_1)$ вида (22).

Аналогичные соотношения можно получить для вектора $\vec{\varphi}_{1\bullet} = \{\varphi_{1,k_2}\}$, $k_2 = 1,2,...,N_2 - 1$ и субполосной матрицы A_{Ω_2}, соответствующей ППЧ $V(\widetilde{\Omega}_2, \Omega_2)$,

$$\varphi_{1,k_2} = \sum_{k=1}^{N_2-1} \alpha_{k\bullet} q_{k_2 k}^{\Omega_2}, \; k_2 = 1,2,...,N_2 - 1, \tag{24}$$

$$V(\widetilde{\Omega}_2, \Omega_2) = \{x_2 \mid x_2 \in [-\Omega_2, -\widetilde{\Omega}_2[\cup [\widetilde{\Omega}_2, \Omega_2[\}, \tag{25}$$
$$0 \le \widetilde{\Omega}_2, < \Omega_2 < \pi .$$

Значения пространственных частот $\widetilde{\Omega}_2$ и Ω_2 также будут уточнены позже.

Тогда соотношениям (23) соответствуют следующие представления

$$\vec{\varphi}_{\bullet 1} = Q_1 \vec{\alpha}_1, \tag{26}$$
$$\vec{\varphi}_{1\bullet} = Q_2 \vec{\alpha}_2,$$

где

$$Q_1 = \left(\vec{q}_1^{\,\Omega_1}, \vec{q}_2^{\,\Omega_1}, ..., \vec{q}_{N_1-1}^{\,\Omega_1}\right), \tag{27}$$
$$Q_2 = \left(\vec{q}_1^{\,\Omega_2}, \vec{q}_2^{\,\Omega_2}, ..., \vec{q}_{N_2-1}^{\,\Omega_2}\right),$$

то есть Q_1 и Q_2 – матрицы, состоящие из $N_1 - 1$ и $N_2 - 1$ собственных векторов субполосных матриц A_{Ω_1} и A_{Ω_2},

$$\vec{\alpha}_1 = (\alpha_{\bullet 1}, \alpha_{\bullet 2}, ..., \alpha_{\bullet N_1 - 1})^T, \tag{28}$$
$$\vec{\alpha}_2 = (\alpha_{1\bullet}, \alpha_{2\bullet}, ..., \alpha_{N_2 - 1\bullet})^T.$$

В частности, такие представления предлагается использовать для реализации соотношений (13) и (14), совокупности которых можно придать векторный вид

$$\hat{\vec{u}}_{\bullet 1} - u_{11}\vec{e}_1 = B_1 Q_1 \vec{\alpha}_1, \tag{29}$$
$$\hat{\vec{u}}_{1\bullet} - u_{11}\vec{e}_2 = B_2 Q_2 \vec{\alpha}_2,$$

где

$$\vec{u}_{1\bullet} = (u_{12}, u_{13}, ..., u_{1N_2})^T, \tag{30}$$
$$\vec{u}_{\bullet 1} = (u_{21}, u_{31}, ..., u_{N_1 1})^T.$$

B_1 и B_2 – квадратные нижние треугольные матрицы, содержащие 0 выше главной диагонали и 1 на главной диагонали и ниже ее, размерности которых $(N_1 - 1) \times (N_1 - 1)$ и $(N_2 - 1) \times (N_2 - 1)$ соответственно; $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ – состоящие из единиц векторы, размерности которых $(N_1 - 1)$ и $(N_2 - 1)$ соответственно.

Тогда интерполяционные равенства (16) и (17) можно представить в следующем виде

$$\vec{u}_{\bullet 1} - u_{11} \cdot \vec{\gamma}_1 = \hat{B}_1 \vec{\varphi}_{\bullet 1} = \hat{B}_1 Q_1 \vec{\alpha}_1, \tag{31}$$
$$\vec{u}_{1\bullet} - u_{11} \cdot \vec{\gamma}_2 = \hat{B}_2 \vec{\varphi}_{1\bullet} = \hat{B}_2 Q_2 \vec{\alpha}_2, \tag{32}$$

где

$$\vec{u}_{1\bullet} = (u_{12}, ..., u_{1,M_2})^T; \; \vec{u}_{\bullet 1} = (u_{21}, ..., u_{M_1,1})^T,$$

$\vec{\gamma}_1$, $\vec{\gamma}_2$ – векторы, размерностей $(M_1 - 1)$ и $(M_2 - 1)$, состоящие из единиц,

$\hat{B}_1$, $\hat{B}_2$ – матрицы размерностей $(M_1 - 1) \times (N_1 - 1)$ и $(M_2 - 1) \times (N_2 - 1)$ соответственно, состоящие из строк матриц B_1 и B_2 с номерами D_1, $2D_1$, ..., $(M_1 - 1)D_1$ и D_2, $2D_2$, ..., $(M_2 - 1)D_2$ соответственно.

Вычисление значений векторов $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$ и $\vec{\varphi}_{1\bullet}$ предлагается осуществлять, исходя из условий удовлетворения следующему требованию: векторы $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$ и $\vec{\varphi}_{1\bullet}$ вида (21), (23), (26) при выполнении интерполяционных условий (31) и (32) должны обладать максимальной сосредоточенностью энергии в соответствующих ППЧ $V(\widetilde{\Omega}_1, \Omega_1)$ вида (22) и $V(\widetilde{\Omega}_2, \Omega_2)$ вида (25), что, учитывая свойство $E^{\Omega}(\vec{f}) = \vec{f}^T A_{\Omega} \vec{f} = \sum_{k=1}^{N} \lambda_k^{\Omega} \alpha_k^2$ субполосных матриц A_{Ω_1} и A_{Ω_2}, соответствует решению следующих оптимизационных задач:

$$\left\|\vec{\varphi}_{\bullet 1}\right\|^2 - \vec{\varphi}_{\bullet 1}^T A_{\Omega_1} \vec{\varphi}_{\bullet 1} \to \min_{\vec{\varphi}_{\bullet 1}}, \; \vec{\varphi}_{\bullet 1} \in R^{N_1 - 1}, \tag{33}$$
$$\vec{u}_{\bullet 1} - u_{11} \cdot \vec{\gamma}_1 = B_1 \vec{\varphi}_{\bullet 1},$$

и

$$\|\vec{\varphi}_{1\bullet}\|^2 - \vec{\varphi}_{1\bullet}^T A_{\Omega_2} \vec{\varphi}_{1\bullet} \to \min_{\vec{\varphi}_{1\bullet}},\ \vec{\varphi}_{1\bullet} \in R^{N_2-1}, \tag{34}$$

$$\vec{u}_{1\bullet} - u_{11} \cdot \vec{\gamma}_2 = B_2 \vec{\varphi}_{1\bullet}.$$

Решим указанную задачу относительно вектора $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$.

Рассмотрим функционал

$$Z_{\Omega_1}(\vec{\varphi}_{\bullet 1}) = \|\vec{\varphi}_{\bullet 1}\|^2 - \vec{\varphi}_{\bullet 1}^T A_{\Omega_1} \vec{\varphi}_{\bullet 1}, \tag{35}$$

значение которого равно величине энергии вектора $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$ вне ППЧ $V(\widetilde{\Omega}_1, \Omega_1)$ вида (22).

Авторами доказано следующее утверждение*:* функционал $Z_{\varphi}(\vec{\varphi}_{\bullet 1})$ вида (35) при выполнении интерполяционных условий (31),

$$B_1 \vec{\varphi}_{\bullet 1} = \vec{u}_{\bullet 1} - u_{11} \cdot \vec{\gamma}_1, \tag{36}$$

принимает минимальное значение

$$Z_{\Omega_1}(\vec{\varphi}_{\bullet 1}^*) = \min_{\vec{\varphi}_{\bullet 1} \in R^{N_1-1}} \|\vec{\varphi}_{\bullet 1}\|^2 - \vec{\varphi}_{\bullet 1}^T A_{\Omega_1} \vec{\varphi}_{\bullet 1}, \tag{37}$$

при

$$\vec{\varphi}_{\bullet 1}^* = Q_1 W_1^{-1} G_1^T (G_1 W_1^{-1} G_1^T)^{-1} \vec{u}_1, \tag{38}$$

где

$$\vec{u}_1 = \vec{u}_{\bullet 1} - u_{11} \cdot \vec{\gamma}_1, \tag{39}$$

$$G_1 = B_1 Q_1, \tag{40}$$

W_1 – матрица, размерности $(N_1 - 1) \times (N_1 - 1)$,

$$W_1 = I_1 - L_1, \tag{41}$$

I_1 – единичная матрица соответствующей размерности,

L_1 – диагональная матрица, диагональными элементами которой являются собственные числа $\lambda_1^{\Omega_1}, \lambda_2^{\Omega_1}, \ldots, \lambda_{N_1-1}^{\Omega_1}$ субполосной матрицы A_{Ω_1}.

Тогда решение задачи интерполяции первого столбца и первой строки исходного изображения в окончательном виде определяется соотношениями:

$$\vec{u}_{\bullet 1} = u_{11} \vec{e}_1 + B_1 Q_1 W_1^{-1} Q_1^T B_1^T (B_1 Q_1 W_1^{-1} Q_1^T B_1^T)^{-1} (\vec{u}_{\bullet 1} - u_{11} \vec{\gamma}_1), \tag{42}$$

$$\vec{u}_{1\bullet} = u_{11} \vec{e}_2 + B_2 Q_2 W_2^{-1} Q_2^T B_2^T (B_2 Q_2 W_2^{-1} Q_2^T B_2^T)^{-1} (\vec{u}_{1\bullet} - u_{11} \vec{\gamma}_2), \tag{43}$$

где матрица W_2 введена для первой строки изображения аналогично матрице W_1 (41), введенной для первого столбца изображения.

Двумерная интерполирующая функция вида (12) по аналогии с (29) представляется в виде матрицы

$$U_u = u_{11} \vec{e}_1 \vec{e}_2^{\,T} + B_1 \Psi B_2^{\,T} \tag{44}$$

где

$$U_u = (u_{n_1 n_2}),\ n_1 = 2, \ldots, N_1,\ n_2 = 2, \ldots, N_1,$$

Ψ – матрица (ψ_{ik}), $i = 1, 2, \ldots, N_1 - 1$, $k = 1, 2, \ldots, N_2 - 1$, аппроксимирующая вторые производные интерполирующего изображения и удовлетворяющая требованию по аналогии с задачей (33), обладания максимальной сосредоточенностью энергии в соответствующей ППЧ при выполнении интерполяционных равенств (15), записанных в матричном виде

$$U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T} = B_1 \Psi B_2^{\,T}, \tag{45}$$

$$U_u = (u_{ik}),\ i = 2, \ldots, M_1,\ k = 2, \ldots, M_2.$$

По аналогии с решением (38) оптимизационной задачи (33), (36–37), авторами было доказано, что указанная матрица Ψ может быть представлена в виде

$$\Psi = Q_1 W_1^{-1} Q_1^T B_1^T (B_1 Q_1 W_1^{-1} Q_1^T B_1^T)^{-1} (U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T}) (W_2^{-1} Q_2^T B_2^T (B_2 Q_2 W_2^{-1} Q_2^T B_2^T)^{-1})^T Q_2^{\,T}. \tag{46}$$

Тогда, интерполирующее изображение определяется соотношением

$$\hat{U}_u = u_{11} \vec{e}_1 \vec{e}_2^{\,T} + B_1 Q_1 W_1^{-1} Q_1^T \hat{B}_1^T (\hat{B}_1 Q_1 W_1^{-1} Q_1^T \hat{B}_1^T)^{-1} (U_u - u_{11} \vec{\gamma}_1 \vec{\gamma}_2^{\,T}) (W_2^{-1} Q_2^T \hat{B}_2^T (\hat{B}_2 Q_2 W_2^{-1} Q_2^T \hat{B}_2^T)^{-1})^T Q_2^{\,T} B_2^T. \tag{47}$$

Проведение вычислительных экспериментов по интерполяции изображений на основе предложенного метода показало, что при расчетах не рекомендуется использовать собственные векторы субполосных матриц, соответствующие собственным числам, близким к нулю [6]. Объясняется данная рекомендация тем, что энергия таких собственных векторов, исходя из исследованных ранее их свойств, расположена, в основном, вне соответствующей ППЧ, что нарушает требования (9–10) сосредоточенности энергии результатов интерполяции.

Существенное значение имеет выбор величины параметров $\widetilde{\Omega}_1$, Ω_1 и $\widetilde{\Omega}_2$, Ω_2 в определении (22) и (25). Очевидно, что их величина должна быть связана с условием (10). Имея в виду свойства собственных векторов и чисел субполосных матриц, а также основные положения теории дискретизации, можно показать, что для субполосных матриц следует положить

$$\widetilde{\Omega}_1 = 0, \quad \Omega_1 = \frac{\pi}{D_1}, \tag{48}$$

$$\widetilde{\Omega}_2 = 0, \quad \Omega_2 = \frac{\pi}{D_2}. \tag{49}$$

Покажем, например, что при указанных значениях $\widetilde{\Omega}_1$ и Ω_1, энергия интерполирующего вектора $\vec{u}_{\bullet 1}$ (13), (42) сосредоточена в ППЧ $V = (0, \frac{\pi}{D_1})$.

В процессе решения задачи интерполяции на основе решения оптимизационной задачи (33) вектор $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$, являющийся аппроксимацией производной по первому столбцу $\vec{u}_{\bullet 1}$ интерполирующего изображения, был вычислен так (задача 33), что его энергия максимально сосредоточена в ППЧ $V = (0, \frac{\pi}{D_1})$.

Поскольку интерполирующий вектор $\vec{u}_{\bullet 1} = \{u_{k,1}\}$, $k = 2,3....,N_1$ соответствует интегралу от производной, аппроксимацией которой является вектор $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$, то энергия (спектр) интерполирующего вектора $\vec{u}_{\bullet 1}$, соответствует спектру (энергии) вектора $\vec{\varphi}_{\bullet 1}$, в котором наблюдается относительное снижение значений в области высоких частот.

Аналогично, можно показать, что энергия интерполирующего вектора $\vec{u}_{1\bullet}$ (14), (43) при использовании метода интерполяции, основанного на решении задачи максимизации долей энергии производных в заданной ППЧ, сосредоточена в ППЧ $V = (0, \frac{\pi}{D_2})$, а также, что энергия двумерной интерполирующей матрицы U_u (12), (47) сосредоточена в ППЧ вида (11), что соответствует требованию (10).

При решении задачи $\|\vec{\varphi}_{\bullet 1}\|^2 \to \min\limits_{\vec{\varphi}_{\bullet 1}}$, $\vec{\varphi}_{\bullet 1} \in R^{N_1 - 1}$, интерполяции на основе минимизации нормы соответствующих производных также выполняется требование сосредоточенности энергии интерполирующих функций в заданной ППЧ (10), так как в обоих методах в представлении соответствующих аппроксимаций производных используются собственные векторы, для которых соответствующие им собственные числа имеют значения, существенно отличающиеся от нуля. Следовательно, энергия векторов, на основе которых осуществляется представление искомых оценок производных, в основном сосредоточена в заданной ППЧ. Из этого также следует и сосредоточенность энергии результатов интерполяции в той же ППЧ.

Таким образом, наряду с выполнением интерполяционных равенств (16–17), интерполяционные векторы вида (42–43) обладают значительной (в отдельных случаях, максимальной) сосредоточенностью энергии векторов, аппроксимирующих производные, в выбранных частотных подобластях. Для двумерной интерполирующей матрицы (47) наряду с интерполяционными равенствами (15) имеет место значительная, в отдельных случаях – максимальная сосредоточенность энергии в выбранной частотной подобласти матрицы, аппроксимирующей вторые частные производные, что соответствует требованию (10) постановки задачи интерполяции.

На основании предложенного метода субполосной оптимальной интерполяции была разработана его программная реализация и проведены вычислительные эксперименты, показавшие его высокую работоспособность.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-07-00451.

Список литературы
References

1. Половко А., Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации / А. Половко, П. Бутусов // СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 320 с.: ил.

Polovko A., Interpoljacija. Metody i komp'juternye tehnologii ih realizacii / A. Polovko, P. Butusov // SPb.: BHV – Peterburg, 2004. – 320 s.: il.

2. Жиляков, Е.Г. О частотном анализе изображений / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2010. – Вып. 1. – С. 94–103.

Zhilyakov, E.G. O chastotnom analize izobrazhenij / E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets // Voprosy radiojelektroniki. Ser. JeVT. – 2010. – Vyp. 1. – S. 94–103.

3. Жиляков, Е.Г. Оценивание производных дискретных функций / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2015. – № 21 (216). – Вып. 36/1. – С. 96–100.

Zhilyakov, E.G. Ocenivanie proizvodnyh diskretnyh funkcij / E.G. Zhiljakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. – 2015. – № 21 (216). – Vyp. 36/1. – S. 96–100.

4. Жиляков, Е.Г. Об эффективности метода оценивания значений долей энергии изображений на основе частотных представлений / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, А.Н. Заливин // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – № 2/52 (563) март-апрель. – 2009. – С. 12–22.

Zhilyakov, E.G. Ob jeffektivnosti metoda ocenivanija znachenij dolej jenergii izobrazhenij na osnove chastotnyh predstavlenij / E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, A.N. Zalivin // Izvestija OrelGTU. Informacionnye sistemy i tehnologii. – № 2/52 (563) mart-aprel'. – 2009. – S. 12–22.

5. Черноморец, А.А. Метод анализа распределения энергий изображений по заданным частотным интервалам / А.А. Черноморец, О.Н. Иванов // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2010. – № 19 (90). – Вып. 16/1. – С. 161–166.

Chernomorets, A.A. Metod analiza raspredelenija jenergij izobrazhenij po zadannym chastotnym intervalam / A.A. Chernomorets, O.N. Ivanov // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2010. – № 19 (90). – Vyp. 16/1. – S. 161–166.

5. Черноморец, А.А. О свойствах собственных векторов субполосных матриц / А.А. Черноморец, Е.И. Прохоренко, В.А. Голощапова // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2009. – № 7 (62). – Вып. 10/1. – С. 122–128.

Chernomorets, A.A. O svojstvah sobstvennyh vektorov subpolosnyh matric / A.A. Chernomorets, E.I. Prohorenko, V.A. Goloshhapova // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2009. – № 7 (62). – Vyp. 10/1. – S. 122–128.

УДК 004.75

ИНФРАСТРУКТУРА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ПЕРСОНАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

HIGH-PERFORMANCE COMPUTER SYSTEM INFRASTRUCTURE FOR CLOUD SERVICE IMPLEMENTATION FOR STORING AND ANALYZING PERSONAL MEDICAL DATA

Д.С. Батищев, В.М. Михелев
D.S. Batishchev, V.M. Mikhelev

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

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

e-mail: batishchev@bsu.edu.ru, mikhelev@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается способ создания инфраструктуры облачной системы для хранения и обработки данных персональной медицины. Рассматриваются возможные варианты решения этой проблемы. Приводится описание разработанной архитектуры развернутого облачного окружения и прототип пользовательского интерфейса.

Resume. This article discusses how to create a cloud infrastructure systems for storing and processing personal medical data. Possible solutions to this problem. The description of the designed architecture deployed cloud environments and prototype user interface.

Ключевые слова: облачные вычисления, распределенные файловые системы, OpenStack, Ceph, данные персональной медицины

Keywords: cloud computing, distributed file systems, OpenStack, Ceph, personal medical data

Введение

В настоящее время создание инфраструктуры компьютерной системы для реализации облачных сервисов хранения и обработки медицинских данных является весьма актуальной задачей, она обусловлена следующими факторами:

- одним из основных источников информации о состоянии здоровья пациента для врача является использование персональных медицинских данных, поэтому желательно иметь возможность длительного хранения и быстрого доступа к этой информации в любой момент времени;
- широкое распространение современного медицинского оборудования для диагностики состояния здоровья пациентов позволяет получать персональные медицинские данные, которые зачастую не хранятся в цифровом виде либо хранятся только на том компьютере, где проводилось медицинское исследование без доступа к этой информации из Интернета;
- активное развитие методов компьютерного зрения и машинного обучения позволяет проводить интеллектуальный анализ медицинских изображений, реализованный в виде облачного сервиса, а также создать эффективную систему принятия решения для диагностики состояния здоровья пациента;
- повсеместное проникновение быстрого подключения к Интернету и предоставление персональных услуг в виде облачных сервисов позволяет при разработке соответствующих программных продуктов получить возможность быстрого доступа в любой момент времени к неограниченному объему персональных медицинских данных конкретного пациента.

Все перечисленные факторы делают важным перспективную разработку инфраструктуры частного облака [1, 2], в котором будут накапливаться персональные медицинские данные пациентов. Врач может производить анализ этих данных с использованием интеллектуальных методов их обработки. Это избавит пациентов от постоянного личного хранения этих данных и их утери, так как медицинские данные любого объема будут храниться в облаке и в любой момент времени в любом месте эти данные могут быть доступны через сеть Интернет [3].

Так же становится возможным на основе персональных медицинских данных хранящихся в облаке выполнить анализ [4, 5] этих данных с использованием специальных методов, алгоритмов и программного обеспечения для извлечения знаний и интеграции этих полученных результатов в архитектуру облачной системы хранения данных. Все это позволит создать эффективную интеллектуальную систему диагностики и прогнозирования состояния здоровья пациентов в виде облачного сервиса.

Архитектура хранилища данных

Традиционно, все медицинские изображения хранятся только определенный промежуток времени в управляющем компьютере рентгеновского аппарата, томографа. Данный способ прост и доступен всем, но не лишен ряда существенных недостатков – низкая масштабируемость и отказоустойчивость, кроме этого существенны риски потерять информацию. Однако есть и достоинство – консолидация (близость данных) и простота доступа.

Для сохранения персональных медицинских данных в облаке необходимо создать соответствующую инфраструктуру вычислительной компьютерной системы, а для эффективной реализации облачных сервисов обработки данных эта система должна быть кроме того и высокопроизводительной, то есть обладать возможностью выполнять на ней параллельные вычисления.

В настоящее время существуют следующие платформы для построения облачных компьютерных систем OpenStack, CloudStack и OpenNebula, Eucalyptus, OpenShift, oVirt [2].

Эти платформы позволяют строить облачные окружения различных типов от «инфраструктура как сервис» (infrastructure as a service) до «база данных как сервис» (database as a service). Такое гранулирование позволяет при желании запускать и использовать готовую инфраструктуру без установки и конфигурировании гипервизоров и гостевых операционных систем.

Нами предлагается для построения инфраструктуры высокопроизводительной компьютерной системы для реализации облачных сервисов хранения и анализа данных персональной медицины использовать OpenStack [6]. На сегодня это наиболее динамично развивающийся программный комплекс с поддержкой крупными компаниями. Кроме того, он реализует все *aaS [2] типы предоставления окружения.

Облачная среда нуждается в хранилищах [2], которые могут масштабироваться и при этом иметь низкую стоимость, а также они могут быть легко интегрированы с другими компонентами структуры данной облачной среды. Существует ряд традиционных производителей систем хранения, которые утверждают, что обеспечивают интеграцию в рамках облаков, однако сегодня нам нужны дополнительные функции помимо простой поддержки интеграции. Эти традиционные решения для хранения данных, возможно, казались успешными несколько лет назад, но в настоящее время они не являются хорошим кандидатом на унифицированное решение хранения для облака. Кроме того, традиционные системы хранения стоят слишком дорого для развертывания и поддержки в долгосрочной перспективе, а масштабирование вверх и наружу является для них серой зоной.

Сегодня необходимо найти решение для хранения данных, которое было бы полностью ориентировано на выполнение текущих и будущих потребностей системы. Это решение должно быть создано на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом и техническими средствами, которые могут обеспечить требуемую масштабируемость экономически эффективным способом.

Наиболее удобным подходом, с нашей точки зрения, является использование распределенной файловой системы в облачном окружении. Основополагающие факторы, определяющие ключевую роль в выборе этой технологии для решения поставленной задачи – это масштабируемость, возможность балансировки нагрузки и надежность, что позволяет системе эффективно добавлять новые вычислительные узлы в случае увеличения нагрузки.

Существует несколько программных продуктов для реализации распределенных файловых систем. Нами предлагается использовать распределенную систему хранения Ceph [7]. Ceph — свободная к использованию распределенная файловая система, которая может использоваться на системах, состоящих как из нескольких машин, так и из тысяч узлов. Общий объем хранилища данных может измеряться петабайтами, встроенные механизмы продублированной репликации данных обеспечивают чрезвычайно высокую живучесть системы.

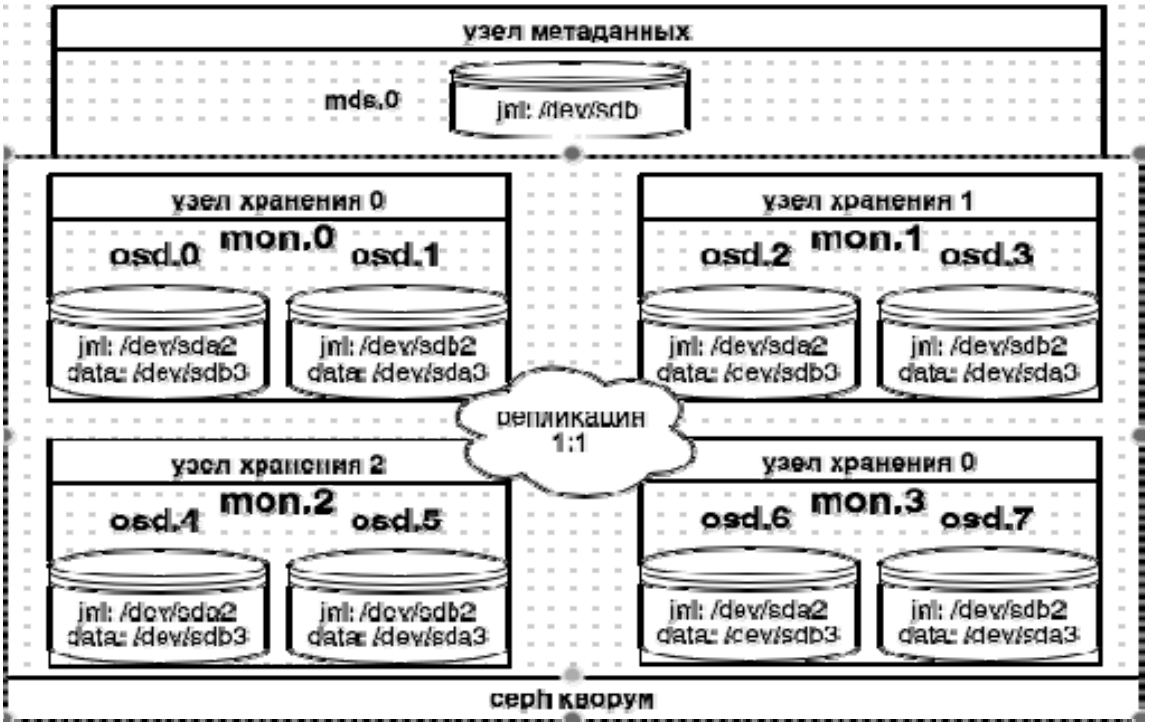
Основных типов сервисов в Ceph два — мониторы (MON, Ceph monitor) и сервисы хранения (OSD, Object Storage Device). MON — элемент инфраструктуры Ceph, который обеспечивает адресацию данных внутри кластера и хранит информацию о топологии, состоянии и распределении данных внутри хранилища. OSD — сущность, которая отвечает за хранение данных, основной строительный элемент кластера Ceph. На одном физическом сервере может размещаться несколько OSD, каждая из которых имеет под собой отдельное физическое хранилище данных.

Прототип компьютерной системы для реализации облачных сервисов

Нами создан прототип высокопроизводительной компьютерной системы для реализации облачных сервисов [8], который развернут на базе четырех физических узлов и одной виртуальной машины. Каждый физический узел оснащен двумя жесткими дисками.

Было принято решение разметить каждый диск в двух логических томах. Первые тома объединить в RAID1 (для надежности туда устанавливалась операционная система узла). Вторые же тома выступали в роли физических томов для LVM (Logical Volume Manager — менеджер логических томов). В процессе работы Ceph доступ к метаданным осуществляется достаточно часто, поэтому расположение их на одном диске с самими данными может негативно сказаться на производительности. Исходя из-за этого, для OSD на каждом узле были созданы четыре логических LVM тома по два на один OSD так, что том для метаданных и для данных были разделены по независимым жестким дискам.

Разработанная инфраструктура компьютерной системы для реализации облачных сервисов хранения данных приведена на рисунке.



Инфраструктура компьютерной системы хранения данных
Storage service infrastructure

Получившийся кворум в сумме обладает восемью OSD. Возможная и удобная схема дублирования – 1+1, как RAID1, кроме того, данная конфигурация обладает высокой устойчивостью – при выпадении одного/двух дисков есть вероятность восстановления данных, так же не станет проблемой и выпадение одного из мониторов – мониторы обладают механизмом перевыбора мастера из оставшихся в строю.

В разработанную нами архитектуру был добавлен слой абстракции для доступа к данным. В основе Ceph лежит блочное хранение объектов, где каждый объект идентифицируется уникальным именем в пределах сконфигурированного пула. Из доступных инструментов для работы в Ceph имеется RADOS (Reliable Autonomic Distributed Object Store) Gateway, являющийся абстракцией объектного хранилища, но требующий дополнительного конфигурирования и слежения за исправностью (RADOS, Reliable Autonomic Distributed Object Store) его работы.

Однако мы решили, что наиболее подходящим вариантом является разработка собственного REST (Representational state transfer) - интерфейса с использованием прямого доступа к мониторам. Положительными сторонами такого подхода являются, кроме отсутствия лишнего администрируемого слоя, возможности самостоятельного выбора пула, а также организации логики выбора этого пула. Например, оперативные данные можно хранить в пуле без реплики, что обеспечит прирост в скорости, а важные данные – уже в другом пуле, в котором описана crush-карта. Разработанный интерфейс обеспечивает все необходимые CRUD-действия (create-read-update-delete).

Включение Ceph в состав OpenStack

Общедоступные и частные облака получили широкое распространение благодаря реализации проекта OpenStack[3]. OpenStack - облачное решение полного цикла. Он имеет свои внутренние компоненты хранения с названием Swift для хранилища облака и Nova-Volume, который поддерживает тома блочного хранилища для виртуальных машин.

В отличие от Swift, который ограничивается только хранением объектов, Ceph является универсальным решением для хранения блочных данных, файлов, а также объектов, и, таким образом приносит пользу OpenStack, предоставляя различные типы носителей в одном кластере хранения. Таким образом, можно легко и эффективно управлять хранением облака OpenStack. Сообщества OpenStack и Ceph сотрудничают в течение многих лет в разработке полностью поддерживаемой облаком OpenStack системы хранения данных Ceph.

Ceph полностью интегрирован с шестой основной редакцией OpenStack, что способствуют появлению новых функций, а также корректировке ошибок. OpenStack использует одно из самых требовательных свойств Ceph, блочное устройство RADOS (*RBD, RADOS block device*) с применением своих компонентов cinder и glance.

По нашему мнению, облачные платформы с Ceph в качестве механизма хранения данных обеспечивают гибкость для поставщиков услуг при построении решений системы хранения – как - службы и инфраструктуры – как - службы (IaaS), которые они не способны получить от других традиционных решений корпоративного уровня, поскольку они не предназначены для удовлетворения потребностей облаков. Используя Ceph в качестве механизма для платформ облаков, можно предложить недорогие облачные службы для своих потребителей.

Dell, SUSE и Canonical предлагают и предоставляют инструменты поддержки настройки и управления для автоматизированного и легкого развертывания систем хранения Ceph для корпоративных облачных решений OpenStack. Каждый из этих инструментов имеет открытый код, а также готовые модули Ceph, которые могут быть легко использованы для развертывания Ceph. В распределенной среде, такой как облачная, каждый компонент должен масштабироваться. Эти инструменты управления настройкой важны для быстрого наращивания масштабов инфраструктуры.

Созданный нами прототип высокопроизводительной компьютерной системы для реализации облачных сервисов имеет следующие технические характеристики:

- пять узлов, один из которых – с конфигуратором и MDS-демоном для поддержки cephfs и rados gateway, представляет из себя виртуальную машину, имеющую 4 процессорных ядра, 4 ГБ ОЗУ и 30 ГБ жесткого диска;
- в системе развернуты веб-сервер и сервер СУБД для пользовательского интерфейса с возможностью использования контроллера облачного окружения.
- узлы хранения (гипервизоры) представляют собой 4 идентичные аппаратные платформы, имеющие 8 процессорных ядер, 4 ГБ ОЗУ, 2 винчестера по 0,5 ТБ памяти частично в программном рейде 1, 2 ГБ сетевых интерфейса. Они используются в роли OSD-сервисов Ceph и Nova OpenStack.

Интерфейс пользовательского доступа

Для обеспечения доступа к данным нами разработано фронтенд-приложение. В качестве языка программирования выбран объектно-ориентированный язык Java, который давно и устойчиво зарекомендовал себя как один из лучших вариантов выбора для кроссплатформенных enterprise-приложений.

В качестве фреймворка для разработки фронтенда был выбран Play Framework[9] – каркас разработки с открытым кодом, написанный на Scala и Java, использует паттерн проектирования Model-View-Controller (MVC).

В качестве хранилища данных о пользователях, системной информации, выбрана СУБД PostgreSQL – свободная объектно-реляционная система управления базами данных. PostgreSQL является наиболее эффективным решением для высоконагруженных, распределенных сервисов. Выбор технологий Java и Play Framework позволяет использовать JPA (Java Persistence API) — API, предоставляющий возможность сохранять в удобном виде Java-объекты в базе данных. Наиболее распространенной реализацией JPA-интерфейса является Hibernate [10] — библиотека для языка программирования Java, предназначенная для решения задач объектно-реляционного отображения данных.

Для того чтобы организовать хранение данных в БД, необходимо описать, с использованием Java-аннотаций, сущности и их связи. Среди сущностей можно выделить основные:

User – описывает клиента как единичного пользователя системы. Связана с User Information связью 1:1 и User Data связью 1:N;

User Information – содержит основную информацию о клиенте как пациенте;

User Data – содержит уникальное поле для однозначной идентификации в пуле распределенного хранилища. Связана с User Data Type связью 1:1 и User Data Meta связью 1:N;

User Data Type – описывает типы медицинских данных;

User Data Meta – описывает всю необходимую дополнительную, а также системную информацию о данных.

Разработанное клиент-серверное приложение позволяет при обращении пользователя к веб-интерфейсу, после завершения процедуры регистрации и заполнения сводной информации, получить возможность загружать, хранить, скачивать и удалять персональную медицинскую информацию, в том числе – изображения с рентгеновских аппаратов и томографов. Кроме этого, разработанное приложение позволяет в дальнейшим добавлять в систему облачные сервисы, выполняющие анализ данных персональной медицины с использованием интеллектуальных методов их обработки. При этом кроме надежного хранения информации в распределенном хранилище, информация доступна из любой точки планеты через Интернет.

Заключение

В данной статье рассмотрен способ построения инфраструктуры высокопроизводительной компьютерной системы для реализации облачных сервисов хранения и анализа данных персональной медицины. Благодаря наличию хранилища в частном облаке имеется возможность накапливать там персональные медицинские данные и по желанию врача или клиента производить их анализ с использованием интеллектуальных методов. Это избавит пользователя от постоянного личного хранения этих данных: они будут храниться в облаке и поэтому в любой момент времени и в любом месте эти данные могут быть доступны через Интернет. Так же становится возможным на основе персональных медицинских данных, хранящихся в облаке, выполнить их анализ с использованием специальных методов для извлечения знаний и интеграции полученных результатов в архитектуру облачной системы хранения с возможностью реализации интеллектуальных систем прогнозирования и диагностики в виде облачного сервиса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 16-07-00435 А)

Список литературы
References

1. Михелев М.В., Кузнецов К.В., Михелев В.М. 2012. Построение информационной инфраструктуры высокопроизводительной компьютерной системы для реализации облачных вычислений. Журнал Вопросы радиоэлектроники Серия Электронная вычислительная техника. 4 (1): 12–20.

Mihelev M.V., Kuznecov K.V., Mihelev V.M. 2012. Postroenie informacionnoj infrastruktury vysokoproizvoditel'noj komp'juternoj sistemy dlja realizacii oblachnyh vychislenij. Zhurnal Voprosy radiojelektroniki Serija Jelektronnaja vychislitel'naja tehnika. 4 (1): 12–20.

2. Рииз Дж. 2011. Облачные вычисления: Пер. с англ. СПб. БХВ-Петербург: 288.

Riiz Dzh. 2011. Oblachnye vychislenija: Per. s angl. SPb. BHV-Peterburg: 288.

3. Foster, Ian; Carl Kesselman. 2004. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure Second Edition. San Francisco. Morgan Kaufmann Publishers. 748.

4. Торопчин Д.А., Батищев Д.С., Медведев А.С., Михелев В.М. 2014. Архитектура программно-аппаратной поддержки распознавания нечетких дубликатов изображений. Журнал Вопросы радиоэлектроники. Серия Электронная вычислительная техника, 4 (2): 78–88.

Toropchin D.A., Batishhev D.S., Medvedev A.C., Mihelev V.M. 2014. Arhitektura programmno-apparatnoj podderzhki raspoznavanija nechetkih dublikatov izobrazhenij. Zhurnal Voprosy radiojelektroniki. Serija Jelektronnaja vychislitel'naja tehnika, 4 (2): 78–88.

5. Кузнецов К.В., Михелев В.М., Торопчин Д.А., Петров Д.В., Липницкий А.Г. 2013. Архитектура программно-аппаратной поддержки высокопроизводительного поиска изображений по визуальному подобию. Журнал Вопросы радиоэлектроники Серия Электронная вычислительная техника. 4 (1): 10–17.

Kuznecov K.V., Mihelev V.M., Toropchin D.A., Petrov D.V., Lipnickij A.G. 2013. Arhitektura programmno-apparatnoj podderzhki vysokoproizvoditel'nogo poiska izobrazhenij po vizual'nomu podobiju. Zhurnal Voprosy radiojelektroniki Serija Jelektronnaja vychislitel'naja tehnika. 4 (1): 10–17.

6. OpenStack Operations Guide. Available at: http://docs.openstack.org/openstack-ops/content/

7. Welcome to Ceph — Ceph Documentation. Available at: http://docs.ceph.com/docs/master/

8. Батищев Д.С., Михелев В.М. 2014. Инфраструктура облачной системы для обработки медицинских данных. В сборнике: Наукоемкие технологии и инновации Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород: 8–12.

Batishhev D.S., Mihelev V.M. 2014. Infrastruktura oblachnoj sistemy dlja obrabotki medicinskih dannyh. V sbornike: Naukoemkie tehnologii i innovacii Belgorodskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. Belgorod: 8–12.

9. Documentation - Play Framework. Available at: https://www.playframework.com/documentation/ 1.4.x/home

10. Hibernate ORM documentation (5.0) - Hibernate ORM. Available at: http://hibernate.org/orm/documentation/5.0/

УДК 504.05:303.732.4:001.5

О ВЕРОЯТНОСТНОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ О СОСТОЯНИИ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ В МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

ABOUT PROBABILISTIC ANALYSIS OF OBSERVATIONAL DATA ABOUT THE NATURAL AND ANTROPOGENIC SYSTEMS STATE IN MULTIDIMENSIONAL SPACES

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. Для решения прикладных задач предложена методика комплексной оценки состояний природно-антропогенных систем, которая основывается на выборе информативных показателей и событий, свойственных изучаемой системе и наиболее полно отражающих ее состояние, создании базы данных показателей, определении вероятностей характерных событий и установлении связей между вероятностями, построении вероятностных моделей и получении зависимостей для практических расчетов. На основе выполненных исследований разработана методика сравнения стран Европы по комплексу экологических показателей и на практическом примере анализа статистических данных показано, что предложенный метод комплексной оценки позволяет установить закономерности экологического развития стран в пространстве нескольких переменных. Данный метод комплексной оценки может быть применен к различным природно-антропогенным системам, например, странам, регионам, городам и природно-промышленным комплексам, а также к любой совокупности исходных экологических показателей.

Resume. In order to solve applied problems the technique of a comprehensive assessment of the state of natural and human systems, which is based on the selection of informative indicators and events characteristic of the system under study, and most fully reflect its status, create a database of indicators, determining probabilities specific events and establishing linkages Mezhuyev probabilities, the construction of probability models and getting dependencies for practical calculations. On the basis of the research the technique of comparing the countries of Europe on a range of environmental indicators and the practical example of the analysis of statistical data shows that the proposed method allows a comprehensive assessment of the environmental laws of the countries set in the space of a few variables. This method of integrated assessment can be applied to a variety of natural and man-made systems, for example, countries, regions, cities, and natural and industrial complexes, as well as any set of baseline environmental indicators.

Ключевые слова: вероятностный анализ данных, природно-антропогенные системы, комплексная оценка состояния объектов, энтропия и потенциал состояния, многопараметрическое ранжирование.

Keywords: probabilistic analysis of the data of natural and human systems, a comprehensive assessment of the status and development facilities, the entropy and the potential state, multiparameter rankings.

Введение

Одна из фундаментальных задач науки связана с использованием при комплексной оценке природно-антропогенных систем и изучении их состояний естественнонаучных методов. Моделирование процессов для таких систем предлагается основывать на феноменологических подходах анализа и описания статистических данных, собранных в процессе наблюдений или опыта.

Данное направление в науке имеет большое значение, так как позволяет в общем случае предложить объективные методы исследования многомерных природно-антропогенных систем, отличающихся наличием биотических и абиотических компонентов. Сегодня в биологии, экологии, экономике, урбанистике и глобалистике много внимания уделяется разработке универсальных методов моделирования. На повестке дня стоит вопрос создания новой методологии прикладного моделирования, которая позволяла бы использовать общую логическую схему анализа данных и построения моделей по отношению к системам, которые в своем развитии характеризуются совокупностью самых разных показателей. Несмотря на множество исследований, существенного прогресса в этой области пока не наблюдается.

Для решения данной научной задачи необходимо разработать систему принципов, методов и средств феноменологического анализа данных для массивов эмпирической или статистической информации, отражающей в виде временных рядов процессы изменения и развития природно-антропогенных систем. Феноменологические модели могут быть ориентированы на описание массивов структурированной количественной информации в самых разных прикладных областях. Результаты работы получены с использованием методов теории систем и системной динамики, а также логических принципов и феноменологических методов, которые используются в термодинамике и физике сплошной среды.

Основная часть

Обычно под природно-антропогенной системой понимают функционирующую как единое целое совокупность природных и искусственных объектов, которые взаимодействуют между собой. В данном исследовании в качестве природно-антропогенной системы определенного вида будем рассматривать некоторое множество однотипных природно-антропогенных объектов, которые можно считать объектами одного класса, например: предприятия, города, населенные пункты, экосистемы, страны и другие объекты, которые состоят из биотических и абиотических компонентов.

Основная цель настоящего исследования заключается в разработке новых методов и средств комплексной оценки и многопараметрического ранжирования природно-антропогенных систем, статистическая информация о которых может быть представлена в виде таблично-временных массивов данных, характеризующих процессы изменения и развития таких систем. Подобные данные имеют структуру таблиц в виде матриц «объекты – показатели», причем множество таблиц (t) упорядочено по времени: годам, месяцам и т.д.

В качестве объектов исследования различных видов природно-антропогенных систем могут выступать страны, области, районы, города, небольшие населенные пункты, природно-промышленные комплексы, отдельные территории, крупные предприятия, техногенные объекты, например: гидротехнические сооружения, отвалы, места складирования отходов и т.д. В качестве показателей и индикаторов природно-антропогенных систем могут использоваться самые различные величины. Например, в группе показателей, характеризующих загрязнение природных сред и наблюдаемый уровень антропогенного воздействия на природную среду и человека, это могут быть концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, поверхностных водах и почвах, объемы выбросов и сбросов загрязняющих веществ, выбросы парниковых газов, количество используемых пестицидов, объемы использованной свежей и оборотной воды, площади сельскохозяйственных и орошаемых земель, количество накопленных отходов, объемы добычи полезных ископаемых, объемы потребления и производства энергии, площади нарушенных земель и т.д. (обычно до 30–40 основных показателей). В качестве антропогенных характеристик природно-антропогенных систем могут выступать социально-экономические величины: численность населения, рождаемость и смертность, показатели ВВП и ВНП, доля городского населения, показатели структуры экономики и промышленности, расходы домашних хозяйств, уровень безработицы и миграции, младенческая и детская смертность, число убийств и тяжких преступлений, число заболеваний туберкулезом, продолжительность жизни, уровень грамотности населения и т.д. Количество основных социально-экономических показателей может достигать до сотни величин. В качестве показателей и индикаторов биологического разнообразия природно-антропогенных систем могут применяться характеристики окружающей среды, показатели, характеризующие распространение видов, площади охраняемых территорий, лесных и лесопокрытых территорий, количество основных и доминантных видов, индексы биоразнообразия и т.д. (обычно до 10–15 показателей).

Исходя из сказанного выше, для определенного объекта каждый показатель в таблично-временном массиве данных будет представлен временным рядом из опытных точек в количестве (t), которые задаются с определенным лагом (год, месяц и т.д.). Структура таблично-временных данных, характеризующих природно-антропогенные системы, в виде «объекты-показатели-время» показана на рисунке 1.

В целом отметим, что в данном случае возможно использование любых статистических данных, характеризующих социально-экономический, промышленный, экологический, ресурсный или культурный потенциал изучаемой территории.

Сформулируем основные принципы, подходы и гипотезы, которые предполагается использовать при решении поставленной задачи.

Предположим, что определенная группа объектов некоторой природно-антропогенной системы в количестве m характеризуется n-статистическими показателями или индикаторами $p_1, p_2, ..., p_n$. Тогда в n-мерном пространстве координат $H_n\{p_1, p_2, ..., p_n\}$ каждому изучаемому объекту будет соответствовать n значений координат p_k. Определим H_n как пространство наблюдаемых состояний для изучаемой группы объектов.

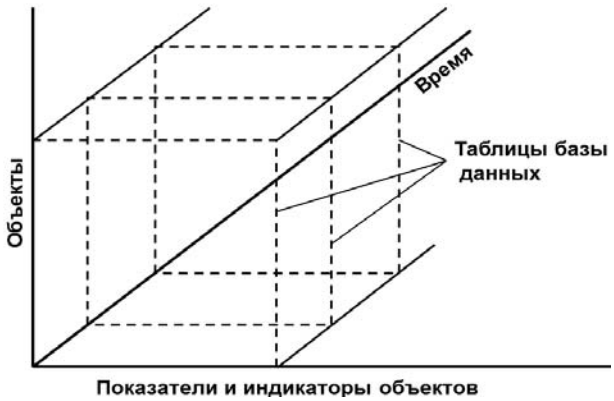


Рис. 1. Структура таблично-временных массивов статистических данных
Fig. 1. The statistical data temporal array table structure

Таким образом, каждый объект в определенный момент наблюдения находится в некотором состоянии и характеризуется совокупностью показателей $p_1, p_2, ..., p_n$. Состояния объектов изменяются с течением времени. Подобный общепринятый подход позволяет определить состояние объекта как совокупность его наблюдаемых показателей, которые формируются под действием условий окружающей среды в конкретный момент времени. Поэтому состояние любого объекта в n-мерном пространстве в каждый момент времени будет отображаться точкой $M = M(p_1, p_2, ..., p_n)$, процесс изменения состояния объекта во времени – многомерной кривой, которая описывается точкой M в этом пространстве.

Состояния каждого объекта могут характеризоваться не только показателями $p_1, p_2, ..., p_n$, но и некоторыми наблюдаемыми событиями, которые отражают характерные изменения в изучаемой природно-антропогенной системе и объектах этой системы. Рассмотрим одно или несколько характерных событий A_i и определим, что состояние определенного объекта в заданный момент времени будет характеризоваться величинами $p_1, p_2, ..., p_n$, которые в совокупности отображаются многомерной точкой M_i, а также данным наблюдаемым событием (событиями). Предполо-жим, что существует вероятность данного события, которая может быть определена или теоретическим путем или эмпирически по выборке данных, полученных в наблюдениях, которые велись за всеми объектами изучаемой системы. Будем считать, что, исходя из имеющихся данных, вероятности события A_i всегда определяемы. По аналогии с работами [1–5], определим данную статистическую вероятность вероятностью состояния изучаемой природно-антропогенной системы (объектов системы). Статистические вероятности для события A_i могут быть найдены с использованием различных алгоритмов сортировки, группировки и подсчета частот благоприятных событий в общей выборке всех наблюдений. Основное условие для эмпирического определения статистической вероятности известными методами связано с тем, что количество данных наблюдений должно быть соизмеримым с числом $N = d \cdot f^r$, где f – число интервалов группирования данных для одной переменной, которое обычно принимается равным от 5 до 10, r – число характеристических переменных, которые определяют совместное событие, а d – число опытных данных на одном интервале группирования ($d = 4 - 6$). Статистическая вероятность события A_i также может быть определена теоретически, исходя из теорем умножения и сложения вероятностей более простых событий [6, 7]. При этом события, которые свойственны одной таблице таблично-временных данных, будем рассматривать как совместные, а события, свойственные разным таблицам данных, – как несовместные.

Таким образом, каждой n-мерной точке $M = M(p_1, p_2, ..., p_n)$ может быть поставлена в соответствие эмпирическая или теоретическая оценка вероятности наблюдения некоторого простого или сложного события, например, наблюдения одного показателя или совместного наблюдения двух и более показателей, из числа всех показателей, а также вероятность наблюдения других событий, особо выделенных для изучаемой системы.

Научные идеи исследования заключаются в принятии нескольких гипотез, которые носят феноменологический характер и могут подтверждаться или опровергаться для данного вида природно-антропогенной системы на основе имеющихся опытных данных. Существование вероятностей сложных событий является основной статистической закономерностью и связано со свойством устойчивости относительных частот событий. Данное свойство справедливо для систем различной природы и является универсальной закономерностью при поведении очень многих систем. Так как считается, что по результатам наблюдений алгоритмически или теоретически можно определить

статистическую вероятность состояния изучаемой природно-антропогенной системы, то в таблично-временных массивах информации можно искать вероятностные связи. Другими словами предполагается искать взаимосвязи не между показателями объектов, а между вероятностями событий наблюдения этих величин. Подобный подход является универсальным и позволяет подойти к моделированию природно-антропогенных систем, исходя из вероятностных закономерностей природных, экологических и антропогенных процессов, которые отражают поведение этих систем.

Поэтому первая фундаментальная идея исследования заключается в поиске связей и закономерностей между вероятностями наблюдения различных событий, свойственных изучаемому массиву статистических данных. При данном подходе основной объект моделирования – это состояние объекта в пространстве H_n, которое отображается n-мерной точкой. Первой основой для количественной характеристики состояния являются показатели объекта, которые выражаются через переменные $p_1, p_2, ..., p_n$. Второй основой для характеристики состояния является оценка вероятности состояния объекта, которая отражена во множестве наблюдаемых событий и их характеристических случайных величин [1]. Это позволяет гипотетически ввести в рассмотрение две величины для характеристики состояния системы в каждой элементарной области пространства H_n: статистическую вероятность наблюдения характерных событий $w(p_1, p_2, ..., p_n)$ и комплексный индекс $T = T(p_1, p_2, ..., p_n)$ – скалярную величину, характеризующую состояния изучаемой системы и отражающую результат моделирования, которая представляется в виде функциональных зависимостей относительно показателей $p_1, p_2, ..., p_n$. Комплексный индекс $T = T(p_1, p_2, ..., p_n)$ в области H_n может быть представлен в виде функциональных зависимостей относительно всех n показателей: мультипликативными, мультипликативно-степенными, экспертными или иными зависимостями.

Вторая основная идея исследования связана с возможностью создания для описанных выше массивов таблично-временных статистических данных феноменологических моделей, отличающихся принятием гипотезы существования скалярных полей распределений вероятности событий. С этой целью предполагается, что вероятность $w(p_1, p_2, ..., p_n)$ в пространстве H_n образует скалярное поле. Считается также, что на основе комплексного индекса $T = T(p_1, p_2, ..., p_n)$ может быть построена приближенная математическая модель, которая формирует еще одно скалярное поле, называемое средой моделирования. Далее для любого процесса l вблизи произвольной точки M постулируется связь вида $dw = c_l \cdot dT$, где c_l – величины, зависящие от процесса, который осуществляется каждым природно-антропогенным объектом, и позволяющие получить значительно более точную модель системы. Величины c_l могут быть определены по имеющимся статистическим данным регрессионным анализом в случае, если сформулированные выше гипотезы справедливы для изучаемой системы. Таким образом видно, что предлагаемая методика очень тесно связана с логическим методом, принятым в термодинамике, сущность которого заключается в том, что на основе опытных данных формируются феноменологические модели, позволяющие описать с необходимой точностью поведение определенного класса объектов [1, 8]. Отличительной особенностью подхода является то, что предложенные выше гипотезы могут быть приняты или отвергнуты на основе обработки имеющихся данных, а также то, что данный подход позволяет изучать в совокупности процессы разной природы: физико-химические, экологические, социально-экономические и др.

Таким образом, основные подходы, идеи и рабочие гипотезы формулируются в виде:

– использование обширных статистических данных о состоянии и динамике природно-антропогенных систем в самых разных аспектах, а также теоретическое или алгоритмическое определение вероятностей событий, связанных с наблюдением показателей и индикаторов, позволит установить феноменологические закономерности для данного класса систем;

– поиск связей и закономерностей в массиве данных осуществляется не между показателями и индикаторами объектов, а между вероятностями событий наблюдения этих величин;

– статистические вероятности для характерных простых и сложных событий A_i могут быть найдены эмпирически с использованием различных алгоритмов сортировки, группировки и подсчета частот благоприятных событий в общей выборке всех наблюдений или теоретически, исходя из теорем умножения и сложения вероятностей более простых событий;

– предполагается, что в пространстве состояний H_n можно сформировать некоторый комплексный индекс $T = T(p_1, p_2, ..., p_n)$, на основе которого будет создаваться математическая модель для комплексной оценки объектов и их многопараметрического ранжирования;

– для каждой элементарной окрестности пространства состояний системы H_n, которая определена произвольной точкой $M = M(p_1, p_2, ..., p_n)$, и любого процесса l в окрестности этой точки используется гипотеза о связи статистической вероятности характерных событий и комплексного

индекса вида $dw = c_l \cdot dT$, где величины c_l определяются по статистическим данным, исходя из изменения величин w и T при осуществлении процесса l;

– комплексная оценка и многопараметрическое ранжирование по совокупности показателей для конкретных объектов природно-антропогенной системы возможны по отношению ко всей группе объектов. Оценка проводится в многомерном вероятностном пространстве путем определения функций состояния, которые являются поверхностями уровня и координатными линиями в пространстве H_n для поля вероятности состояния системы. Нелинейное преобразование координат $p_1, p_2, ..., p_n$ пространства H_n относительно этих функций состояний позволяет преобразовать H_n в линейное пространство, в котором функции состояния как обобщенные координаты обладают свойством аддитивности. Все это дает возможность объективно оценить статус объекта среди множества объектов одного класса;

– предполагается, что для различных природно-антропогенных систем на основе предложенных методов могут быть разработаны методики для комплексной оценки и многопараметрического ранжирования объектов, а также методики оценки рисков различных событий, которые не будут связаны с применением экспертных методов.

Исходя из сформулированных принципов, подходов и гипотез, которые положены в основу разработки теории комплексной оценки и многопараметрического ранжирования природно-антропогенных систем, методика анализа данных в каждом конкретном случае включает следующие этапы:

– составляется база данных показателей и индикаторов для определенного вида природно-антропогенной системы. Считается, что опытные точки из этой базы данных являются ограниченной выборкой наблюдений из некоторой генеральной совокупности множества состояний однотипных объектов, которые формируют данную систему;

– применительно к изучаемой природно-антропогенной системе формулируются принципы и теоретические методы комплексной оценки, учитывающие особенности данной системы, суть которых в общих чертах была изложена выше;

– формируется перечень атрибутивных показателей, которые наиболее полно характеризуют состояния изучаемой системы. Атрибутивные показатели определяются сложившимися в научном сообществе представлениями о поведении изучаемой системы, корреляционным анализом данных или другими методами установления наиболее значимых переменных. Комплексная оценка и многопараметрическое ранжирование систем основывается на использовании данных показателей;

– выбираются некоторые характерные события, которые свойственны изучаемой природно-антропогенной системе. Также формулируются основные совместные события одновременного наблюдения атрибутивных показателей, которые однозначно характеризуют состояния изучаемой системы. Вероятности этих совместных событий определяют вероятность состояния системы. Выбираются методы оценки статистических вероятностей данных событий (как различных характерных событий, так и основных совместных событий);

– исследуются особенности и закономерности изучаемой системы, предлагаются гипотезы и разрабатываются способы определения комплексного индекса $T = T(p_1, p_2, ..., p_n)$ на основе выбранных атрибутивных показателей, входящих в базу данных существующего вида природно-антропогенной системы;

– устанавливаются регрессионные зависимости, характеризующие связь статистической вероятности состояния системы с комплексным индексом. Ищутся также зависимости, определяющие связь вероятности состояния системы с вероятностями различных характерных событий, свойственных изучаемой природно-антропогенной системе;

– после разработки методов оценки комплексного индекса и статистической вероятности состояния системы находятся феноменологическое константы, характеризующие процессы изменения состояний для данного вида природно-антропогенной системы, исходя из регрессионного анализа данных;

– формулируются практические методы комплексной оценки и многопараметрического ранжирования природно-антропогенных систем. Определяются функции состояния, которые представляют собой многомерные поверхности уровня и координатные линии в линейно преобразованном пространстве H_n, свойственном изучаемой системе;

– осуществляются практические расчеты для тестовых примеров, разрабатываются модели комплексной оценки для отдельных видов природно-антропогенных систем, устанавливаются закономерности и особенности опасных событий и процессов в изучаемых системах, оценивается риск таких событий и процессов, исходя из определения вероятности соответствующих событий и связей между вероятностями различных событий;

– создаются практические методики для комплексной оценки конкретных видов природно-антропогенных систем на основе феноменологического анализа данных о состоянии природных и антропогенных сред.

Пример реализации

Теперь проиллюстрируем предложенный метод комплексной оценки на примере разработки методики сравнения стран Европы по экологическим показателям. Возьмем в качестве атрибутивных переменных для оценки развития стран следующие экологические показатели: суммарные выбросы парниковых газов на душу населения (p_1), тонн CO2-экв./чел.; долю охраняемых территорий в общей площади земли (p_2), %; долю сельскохозяйственных земель в общей площади земли (p_3), %. Для решения поставленной задачи воспользуемся базами данных [9–12].

На основе переменных p_1, p_2, p_3 сформируем трехмерное пространство координат $\{p_1, p_2, p_3\}$, в котором возможные состояния изучаемой системы (все страны Европы) теоретически образуют некоторую область H_3, охватывающую все наблюдаемые точки базы данных. В этом случае состояние каждой страны может быть представлено трехмерной точкой $M(p_1, p_2, p_3)$.

Рассмотрим сложное совместное событие одновременного наблюдения указанных выше трех показателей и определим, что экологическое состояние каждой страны Европы может оцениваться данным наблюдаемым событием. Найдем статистическую вероятность этого события на основе опытных данных, которые имеются в базе данных [1, 9–12]. Считаем данную статистическую вероятность вероятностью состояния изучаемой системы. Эта статистическая вероятность w подсчитывается во всей группе объектов (по 52 странам Европы).

Зададим аналитическую функцию $T(p_1, p_2, p_3)$, на основе которой будет формироваться математическая модель вероятностного пространства в виде меры относительных изменений:

$$T = \frac{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3}{p_{10} \cdot p_{20} \cdot p_{30}}, \tag{1}$$

В соответствии с результатами работ [1 – 4], определим энтропию и потенциал состояния системы в виде:

$$s = c_1 \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_{10}}\right) + c_2 \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_{20}}\right) + c_3 \cdot \ln\left(\frac{p_3}{p_{30}}\right), \tag{2}$$

$$P = \frac{p_1^2 - p_{10}^2}{c_1} + \frac{p_2^2 - p_{20}^2}{c_2} + \frac{p_3^2 - p_{30}^2}{c_3}. \tag{3}$$

Для поиска связей между статистической вероятностью состояния системы и экологическими показателями воспользуемся методом регрессии применительно к нахождению зависимости (2).

Введем в рассмотрение значения опорных экологических показателей. Суммарные выбросы парниковых газов на душу населения (p_1) по странам Европы изменяются в достаточно широких пределах от 0.85 до 28.1 тонн CO2-экв./чел. Примем в качестве опорного значения этого показателя среднее значение по странам Европы, равное $p_{10} = 8.8$ тонн CO2-экв./чел. Аналогичным образом принимаем опорное значение по охраняемым территориям $p_{30} = 10{,}9$ % (диапазон изменения от 0.5 до 40.1 %), а долю сельскохозяйственных земель в общей площади земли – $p_{40} = 48.8$ % (диапазон изменения от 3.0 до 77.0 %). На основе приведенных данных получим опорную точку $M_0(p_{10}, p_{20}, p_{30})$, которая характеризует некоторый объект со среднестатистическими характеристиками.

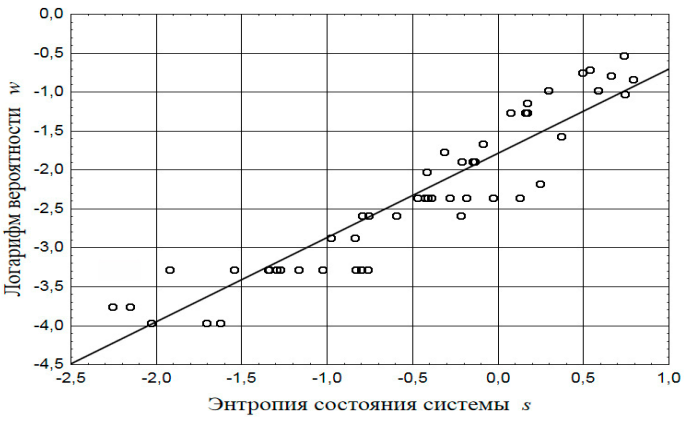


Рис. 2. Зависимость статистической вероятности состояния w от энтропии s для совместно наблюдаемых значений показателей p_1, p_2, p_3

Fig. 2. The entropy s state w statistical probability dependence for the observed indicators p_1, p_2, p_3 shared values

Свяжем вероятность w со значениями переменных в массиве опытных данных, в результате чего будем иметь следующую регрессионную зависимость величины w от энтропии состояния системы:

(4) $$\ln(w) = -1.804 + s\ ; \qquad s = 0.466 \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_{10}}\right) + 0.495 \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_{20}}\right) + 1.041 \cdot \ln\left(\frac{p_3}{p_{30}}\right).$$

Коэффициент корреляции зависимости (4) составил 0.91, результаты обработки данных приведены на рисунке 2.

Исходные переменные относились к значениям p_{10}, p_{20}, p_{30}, которые соответствуют выбранному опорному состоянию. Из приведенных данных видно, что феноменологические константы c_1, c_2, c_3 для изучаемого случая соответственно равны: $c_1 = 0.466$, $c_2 = 0.495$, $c_3 = 1.041$.

Таким образом, в пространстве состояний системы H_3 можно построить криволинейные координаты, которые определяют некоторое поле направлений, отражающее среднестатистические тенденции, связанные с экологическими изменениями во всем изучаемом классе объектов (среди стран Европы).

Из данных таблицы видно, что страны Европы могут быть ранжированы по совокупности нескольких экологических показателей за счет определения потенциала каждой страны в пространстве переменных $\{p_1, p_2, p_3\}$. Комплексная оценка осуществляется путем определения положения каждой страны в криволинейных координатах данного пространства с учетом среднестатистических тенденций развития всех стран. Оценка осуществляется относительно средних значений экологических показателей по отношению к опорной точке $M_0(p_{10}, p_{20}, p_{30})$. Ранги стран устанавливались по возрастанию степени воздействия стран на окружающую природную среду.

Значения потенциала (P) для стран Европы относительно средних значений экологических показателей
The values of the potential (P) for European countries with respect to the environmental indicators average values

Страны Европы	Потенциал страны P	Ранг страны	Страны Европы	Потенциал страны P	Ранг страны
Лихтенштейн	25.15	1	Украина	-0.80	27
Люксембург	22.64	2	Туркменистан	-0.99	28
Эстония	18.23	3	Латвия	-1.01	29
Германия	15.28	4	Словения	-1.17	30
Австрия	12.29	5	Исландия	-1.24	31
Польша	11.34	6	Литва	-1.41	32
Швейцария	10.88	7	Кипр	-1.52	33
Словакия	8.79	8	Румыния	-1.68	34
Монако	6.24	9	Швеция	-2.01	35
Чехия	6.09	10	Беларусь	-2.11	36
Великобритания	5.89	11	Португалия	-2.21	37
Нидерланды	4.62	12	Азербайджан	-2.26	38
Ирландия	4.23	13	Хорватия	-2.30	39
Финляндия	2.65	14	Македония	-2.32	40
Дания	2.07	15	Армения	-2.36	41
Россия	1.90	16	Молдова	-2.37	42
Казахстан	1.60	17	Узбекистан	-2.44	43
Бельгия	1.51	18	Мальта	-2.91	44
Италия	1.38	19	Андорра	-3.02	45
Греция	0.97	20	Турция	-3.22	46
Таджикистан	0.88	21	Сербия и Черногория	-3.26	47
Франция	0.81	22	Кыргызстан	-3.56	48
Испания	0.04	23	Грузия	-4.01	49
Венгрия	-0.20	24	Албания	-4.01	50
Болгария	-0.56	25	Босния и Герцеговина	-4.25	51
Норвегия	-0.77	26	Сан-Марино	-5.01	52

Таким образом, с учетом вероятностной оценки совместных событий, связанных с одновременным наблюдением показателей, можно проводить взаимное сравнение различных природно-антропогенных систем между собой на основе данных о состоянии и экологическом развитии этих систем. При этом важным является то, что показатели могут быть разной природы: экологические, социальные, экономические и т.д.

Заключение

Предложенный метод комплексной оценки, основанный на вероятностном анализе данных наблюдений, может быть применен к различным природно-антропогенным системам, например: странам, регионам, городам и природно-промышленным комплексам, а также к любой совокупности исходных экологических показателей.

Как видно из приведенного примера, методы комплексной оценки позволяют установить закономерности экологического развития природно-антропогенных систем и осуществить многопараметрическое ранжирование таких систем в пространстве многих переменных.

Список литературы
References

1. Аверин Г.В. 2014. Системодинамика. Донецк, Донбасс, 405.
Averin G.V. 2014. Sistemodinamika. Doneck, Donbass, 405.
2. Аверин Г.В., Звягинцева А.В. 2013. Применение методов интеллектуального анализа данных при оценке развития Украины. Геотехническая механика, 112: 257–270.
Averin G.V., Zvjaginceva A.V. 2013. Primenenie metodov intellektual'nogo analiza dannyh pri ocenke razvitija Ukrainy. Geotehnicheskaja mehanika, 112: 257–270.
3. Аверин Г.В., Звягинцева А.В. 2012. Стратегическая оценка статуса Украины в современном мире по данным международных организаций. Часть 1: Теория и методика оценки // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, № 1(2)–2(4): 75–92.
Averin G.V., Zvjaginceva A.V. 2012. Strategic assessment of the status of Ukraine in the modern world according to the data of international organizations. Part 1: Theory and Methodology of assessment. Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii v naukah o prirode i obshhestve, no.1(2)–2(4): 75–92.
4. Звягинцева А.В., Аверин Г.В. 2013. Стратегическая оценка статуса Украины в современном мире по данным международных организаций. Часть 2: Примеры анализа и результаты // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, № 1 (4)–2(5): 46–55.
Zvjaginceva A.V., Averin G.V. 2013. Strategic Assessment of the status of Ukraine in the modern world according to the data of international organizations. Part 2: Examples of analysis and results. Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii v naukah o prirode i obshhestve, №.1 (4)–2(5): 46–55.
5. Averin G.V., Konstantinov I.S., Zviagintseva A.V. and Tarasova O.A. 2015. The Development of Multi-Dimensional Data Models Based on the Presentation of an Information Space as a Continuum. International Journal of Soft Computing, 10: 458–461.
6. Дрибан В.М., Пенина Г.Г. 2003. Теория вероятностей. Донецк, ДонГУЭТ, 519.
Driban V.M., Penina G.G. 2003. Teorija verojatnostej. Doneck, DonGUJeT, 519.
7. Венцель Е.С. 1971. Теория вероятности. М., Наука, 576.
Vencel' E.S. 1971. Teorija verojatnostej. M., Nauka, 576.
8. Гухман А.А. 1986. Об основаниях термодинамики. М, Энергоатомиздат, 383.
Guhman A.A. 1986. Ob osnovanijah termodinamiki. M., Jenergoatomizdat, 383.
9. Защита окружающей среды Европы – Четвертая оценка. 2007. Европейское агентство по окружающей среде, Копенгаген. Дания: Schultz Grafisk, 452.
Zashhita okruzhajushhej sredy Evropy – Chetvertaja ocenka. 2007. Evropejskoe agentstvo po okruzhajushhej srede, Kopengagen. Danija: Schultz Grafisk, 452.
10. Доклады о человеческом развитии (1990 – 2012 гг.). Электронный ресурс. URL: http://hdr.undp.org/en/reports/ (03 февраля 2016).
Doklady o chelovecheskom razvitii (1990 – 2012 gg.). Available at: http://hdr.undp.org/en/reports/ (accessed 3 February 2016).
11. Доклад о человеческом развитии 2013. «Возвышение Юга: человеческий прогресс в многообразном мире» / Пер. с англ.; ПРООН. – М., Весь Мир, 216. Электронный ресурс. URL: http://hdr.undp.org/sites/default/files/ hdr_2013_ru.pdf (03 февраля 2016).
Doklad o chelovecheskom razvitii 2013. «Vozvyshenie Juga: chelovecheskij progress v mnogoobraznom mire» / Per. s angl.; PROON. – M., Ves' Mir, 216. Available at: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2013_ru.pdf (accessed 3 February 2016).
12. Доклад о человеческом развитии 2014. «Обеспечение устойчивого прогресса человечества: уменьшение уязвимости и формирование жизнестойкости». / Пер. с англ.; ПРООН. – М., Весь Мир, 280. Электронный ресурс. URL: http://hdr.undp.org/ sites/default/files/hdr14-summary-ru.pdf (03 февраля 2016).
Doklad o chelovecheskom razvitii 2014. «Obespechenie ustojchivogo progressa chelovechestva: umen'shenie ujazvimosti i formirovanie zhiznestojkosti» / Per. s angl.; PROON. – M., Ves' Mir, 280. Available at: http://hdr.undp.org/ sites/default/files/hdr14-summary-ru.pdf (accessed 3 February 2016).
13. 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. Nauchnye i prikladnye aspekty upravlenija urbanizirovannymi territorijami na osnove instrumenta riska i novyh pokazatelej kachestva okruzhajushhej sredy. SPb., RGGMU, VVM, 448.

УДК 004.89

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА ПЛАВАЮЩЕГО КОНУСА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА ПРЕДЕЛЬНЫХ ГРАНИЦ КАРЬЕРОВ

PARALLEL FLOATING CONE ALGORITHM FOR OPTIMIZATION OF OPEN PIT LIMITS

П.В. Васильев, В.М. Михелев, Д.В. Петров
P.V. Vassiliev, V.M. Mikhelev, D.V. Petrov

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

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

e-mail: vassiliev@bsu.edu.ru, mikhelev@bsu.edu.ru, petrov@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье рассмотрен алгоритм плавающего конуса для решения задачи поиска предельных границ карьеров. Предложена схема построения параллельной версии данного алгоритма, описана программная реализация параллельного алгоритма плавающего конуса. Приведены результаты вычислительных экспериментов по проверке адекватности разработанного алгоритма и масштабирования вычислительного процесса.

Resume. This article describes parallel moving cone method for design optimum open pit. A scheme of the parallel version of the algorithm described the software implementation of the parallel moving cone method described. The results of computational experiments to test the adequacy of developed algorithm and scaling of computational process.

Ключевые слова: блочное моделирование, алгоритмы оптимизации, границы карьеров, алгоритм плавающего конуса, параллельные вычисления

Keywords: block modelling, algorithms of optimization, open pit limits, moving cone method, parallel computations

Введение

При планировании добычи полезных ископаемых открытым способом одной из важнейших задач является определение предельных границ карьера. В ходе этого процесса определяется конечная форма, размеры карьера и оценивается предельный объем получаемой прибыли от его разработки.

Анализ месторождений производится по дискретной блочной модели, в которой каждый блок имеет стоимостную оценку в зависимости от содержания в нем полезных компонентов и стоимости его извлечения и предварительной переработки. Исходными данными служат результаты опробования скважин и горных выработок. На их основе компьютерные методы построения полигональных, триангуляционных и интерполяционных моделей рудных тел позволяют получить в конечном счете детальные экономические блочные модели месторождений [1]. Вполне закономерно, что чем более масштабной и точной является блочная модель месторождения, тем более вычислительно сложным является процесс расчетов. В связи с этим в этой области является актуальным применение современных средств высокопроизводительных вычислений.

Существует большое количество различных алгоритмов для решения задачи поиска предельных границ карьеров, таких как метод плавающего конуса, алгоритм Леча и Гроссмана, генетический алгоритм и другие [2]. Все они имеют различные достоинства и недостатки. Среди них метод плавающего конуса – один из самых простых и легко реализуемых алгоритмов. Он предоставляет широкие возможности для поиска предельных границ карьера с произвольным углом наклона бортов. Однако, объем вычислений в нем растет пропорционально квадрату числа блоков в модели, что не позволяет обрабатывать с его помощью модели большой размерности.

В рамках данной статьи рассматривается классический алгоритм плавающего конуса для решения задачи поиска предельных границ карьеров и предлагается схема построения параллельной версии данного алгоритма.

Задача определения границ предельного карьера

Для решения задачи поиска предельных границ карьера используют блочную модель месторождения полезных ископаемых. Каждый блок данной модели характеризуется числом (весом), показывающим чистую прибыль, получаемую в ходе его добычи, с учетом процентного содержания полезных элементов, себестоимости его выработки и рыночной стоимости полезных компонентов.

На рисунке 1 приведен пример поперечного сечения блочной модели, красной линией отмечена оптимальная форма карьера в данном сечении.

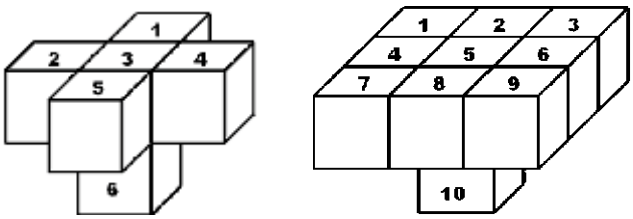
Желтые блоки с положительным значением веса – блоки, которые содержат полезные элементы и их выгодно добывать, серые блоки с отрицательным значением веса – пустая порода, добывая которую предприятие только тратит средства.

-4	-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
	-4	-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
		-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4		
			-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4			
				-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4				
					-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4					

Рис. 1. Пример поперечного сечения блочной модели месторождения
Fig. 1. An example of a cross-sectional block model of the deposit

Задача определения границ предельного карьера (оболочки карьера на конец срока жизни горного предприятия) состоит в нахождении множества извлекаемых трехмерных блоков руды и породы с целью максимизации прибыли при наличии прецедентных ограничений, связанных с устойчивостью откосов бортов.

Геометрические ограничения на последовательность извлечения блоков (рисунок 2) гарантируют, что откосы бортов карьера будут устойчивы, а горное оборудование будет иметь доступ к рабочим зонам. Прецедентные ограничения требуют выполнения условия, что при извлечении текущего блока на него непосредственно воздействуют вышележащие блоки, которые должны быть извлечены прежде, чем рассматриваемый блок. Прецедентная связь между блоками задается явно как связь транзитивного типа, то есть, если для извлечения блока А необходимо извлечь блок В, а для извлечения блока В необходимо извлечь блок С, то для извлечения блока А также необходимо извлечь и блок С. Эта транзитивность отражается в исходных прецедентных ограничениях. Можно использовать это свойство транзитивности для описания прецедентной связи как непосредственной или прямой, если на нее не влияет какая-либо иная пара предшественников, что позволяет моделировать прецедентные ограничения путем увеличения числа прямых предшественников в моделях.



а б

Рис. 2. Схемы извлечения блоков, основанные на удалении пяти блоков выше заданного 6-го блока (а) или на удалении девяти блоков выше заданного 10-го блока (б)
Fig. 2. Scheme extraction of blocks based on the removal of the five units above a predetermined 6th block (a) or at a distance of nine units 10 above a predetermined second block (b)

При удалении 10 блоков угол наклона бортов для блоков лежит в пределах от 35 до 45, тогда как при удалении шести вышележащих блоков углы крутизны склонов будут меняться в диапазоне от 45 до 55. Переходя от кубических блоков к блокам в виде параллелепипедов с различными размерами по осям X, Y и Z можно добиться изменения величин в необходимом диапазоне углов. Эти правила последовательности выемки блоков трактуются как некое приближение моделей стратеги-

ческого планирования к реальным процессам добычи, рассматриваемым при планировании продукции.

Существует насколько классов задач оптимизации границ карьеров в зависимости от учета в них тех или иных факторов (время, производственные ограничения и др.). В рамках данной статьи будут рассмотрены алгоритмы, решающие задачу нахождения предельных границ карьера, (UPIT), или задача поиска замыкания с максимальным весом. Эта задача определяет наиболее прибыльную оболочку из блоков внутри рудного тела и, следовательно, в ней не учитываются факторы времени и какие-либо производственные ограничения. Набор ограничений состоит только из прецедентных отношений между блоками. По сути, используя ценность каждого блока без всяких ограничений на необходимые производственные ресурсы по выемке, решение этой задачи показывает немедленную прибыль от карьера и, соответственно, устанавливает то, какие блоки должны быть извлечены согласно прецедентным ограничениям для получения данной прибыли.

Алгоритм плавающего конуса

В данном алгоритме элементарная фигура формирования границ карьера — перевернутый усеченный конус, меньшее основание которого имеет размеры, соответствующие минимальной ширине дна карьера. Плоскость, образующая боковую поверхность конуса, наклонена к горизонтальной плоскости под углом, равным углу откоса конечного борта карьера. Пример положительного конуса приведен на рисунке 3.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	-1	-1	-1	7	-0.5	7	-1	-1
4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Рис. 3. Конус с положительным значением
Fig. 3. A cone with a positive value

Этот метод имеет несколько вариантов, подробно рассмотренных в работе [3]. Самый простой вариант данного алгоритма впервые был описан в работе [4]. В нем для каждого положительного блока модели строится конус со сторонами, угол наклона которых к горизонтальной плоскости равен максимально допустимому углу наклона борта карьера в данной точке месторождения. После этого вычисляется сумма значений всех блоков, входящих в построенный конус. Если полученное значение положительно, данный конус включается в решение. Решением в данном случае является набор конусов, объединение которых образует конечную форму граница карьера. Данный процесс продолжается, пока не будут перебраны все положительные блоки модели.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	-1	-1	-1	7	-0.5	7	-1	-1
4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Рис. 4. Истинная предельная форма карьера, сумма блоков решения +3
Fig. 4. True ultimate form of career, the amount of solution 3 units

Данный алгоритм очень прост для понимания и реализации, однако, в некоторых случаях он не находит предельно оптимальную форму карьера с максимальной суммой входящих в него блоков. Для двумерной модели, представленной на рисунке 3, данный алгоритм не находит предельную форму карьера, как показано в таблице 1, в то время как истинная предельная форма карьера приведена на рис. 4.

Существует модификация данного алгоритма – плавающий конус 2, описанная в работах [3, 5]. Данный метод в целом похож на предыдущий. Анализ модели происходит по уровням, начиная с самого верхнего. На каждом уровне для всех положительных блоков строится конус и вычисляется сумма входящих в него блоков. При этом после подсчета суммы блоков, входящих в конус, они извлекаются из модели (заполняются нулями) и не влияют на подсчет сумм последующих конусов. В ходе работы алгоритма рассчитывается так же накопленная сумма – сумма всех конусов, извлеченных из модели к данному шагу. Процесс продолжается, пока не переберут все положительные блоки. После этого в решение включаются конусы с максимальной накопленной суммой и все предшествующие блоки.

Таблица 1
Table 1

Порядок анализа модели алгоритмом плавающего конуса
The procedure for the analysis model of the floating cone algorithm

Уровень	Номер блока	Значение блока	Значение конуса	Входит в решение
2	(2,2)	+2	-1	Нет
3	(3,4)	+7	-1	Нет
3	(3,6)	+7	-1	Нет

Такой алгоритм для модели, приведенной на рисунке 3 находит предельную форму карьера, показанную на рисунке 4. Порядок анализа блоков приведен в таблице 2 и на рисунках 5 и 6. В табл. 2 в скобках указаны значения в случае анализа блоков справа налево.

Таблица 2
Table 2

Порядок анализа модели алгоритмом плавающего конуса
The procedure for the analysis model of the floating cone algorithm

Шаг	Уровень	Номер блока	Значение блока	Значение конуса	Накопленная сумма	Входит в решение
1	2	(2,2)	+2	-1	-1	Да
2	3	(3,4)	+7	+1 (-1)	0 (-2)	Да
3	3	(3,6)	+7	+3 (+5)	+3 (+3)	Да

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	-1	-1	-1	7	-0.5	7	-1	-1
4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Рис. 5. Модель после шага 1
Fig. 5. Model after step 1

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	0	0	-1	-1
2	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1
3	-1	-1	-1	0	-0.5	7	-1	-1
4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Рис. 6. Модель после шага 2
Fig. 6. Model after step 2

Параллельный алгоритм плавающего конуса

Для модификации алгоритма плавающего конуса нами разработана эффективная схема распараллеливания. Анализ модели производится по уровням, начиная с ближайшего к поверхности. На каждом уровне операция вычисления суммы значений блоков, входящих в конус, не зависима для непересекающихся конусов, поэтому можно одновременно рассчитывать сумму для нескольких конусов.

Для проверки пересечения двух конусов предлагается следующие условие: для угла наклона 45 градусов достаточно, чтобы расстояние между вершинами конусов по горизонтали было больше квадрата их высоты.

На рис. 7 приведен псевдокод последовательной версии алгоритма для модели p размером m на n блоков.

```
for (int i = 1; i <= n; i++)
for (int j = 2; j <= m; j++)
      if (p[i, j] > 0)
     calcConeSumm(i, j);
```

Рис. 7. Псевдокод последовательной версии алгоритма плавающего конуса
Fig. 7. The pseudo serial version of the floating cone algorithm

На рис. 8 приведен псевдокод параллельной версии алгоритма плавающего конуса для вычислительных систем с общей памятью.

```
int idThread = номер потока, начиная с 1
int countThreads = общее количество потоков

for (int i = 1; i <= n; i++) {
       int r = i*i;
       for (int shift = 0; shift<r; shift++) {
              for (int j = idThread + shift; j <= m; j += countThreads*r)
                     if ((i <= n) && (j <= m) && (p[i, j] > 0))
                            calcConeSumm(i, j);
              Barrier();
       }
}
```

Рис. 8. Псевдокод праллельной версии алгоритма плавающего конуса
Fig. 8. The pseudo parallel version of the floating cone algorithm

Вычислительные эксперименты

Параллельный алгоритм плавающего конуса, описанный в данной статье, был реализован на языке C++ для вычислительных систем с общей памятью с использованием технологии OpenMP. В качестве технической платформы для проведения вычислительных экспериментов использовался суперкомпьютер «Нежеголь» Белгородского государственного национального исследовательского университета. Эксперименты проводились на одном вычислительном узле, технические характеристики приведены в таблице 3.

Таблица 3
Table 3

Технические характеристики вычислительного узла кластера
Technical characteristics of the computing cluster node

Характеристика	Значение
Процессор	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2665
Частота процессора	2.4ГГц
Количество процессоров	2
Количество ядер	16
Объем ОЗУ	64Гбайт

В качестве исходных данных для тестирования алгоритма использовалась модель с ярко выраженным рудным телом, созданная на основе результатов моделирования и подсчета запасов Жайремского месторождения в Казахстане, опубликованных в работах [6, 7]. Данная модель была интерполирована до разрешения 100 на 100 на 50 блоков. Общее количество блоков в модели таким образом составило 500 000.

На рисунке 9 показана зависимость времени обсчета модели от количества вычислительных потоков.

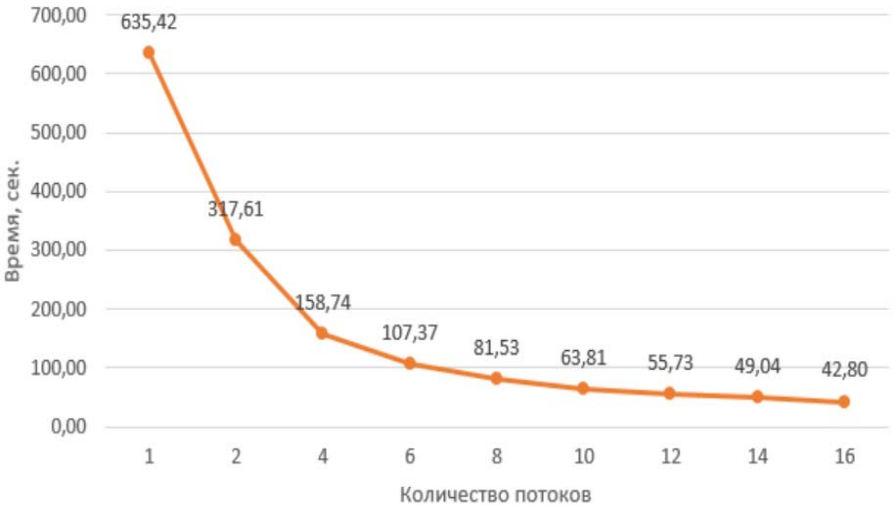


Рис. 9. Зависимость времени расчетов от количества вычислительных потоков
Fig. 9. The time for calculation of the number of processing threads

По замерам времени было рассчитано ускорение для различного числа вычислительных потоков. На рисунке 10 приведена зависимость ускорения от количества вычислительных потоков. Жирной линией показан график ускорения, тонкой – линейная ассимптота.

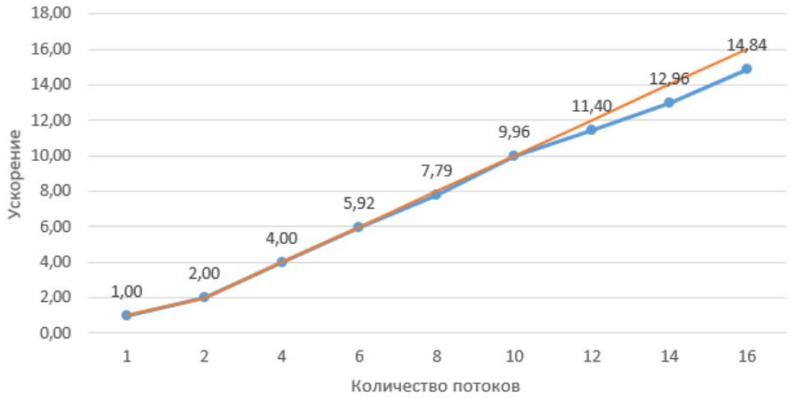


Рис. 10. Зависимость ускорения от количества вычислительных потоков
Fig. 10. The dependence of acceleration of the number of processing threads

Заключение

Результаты суперкомпьютерного моделирования показали перспективность предложенного метода для выполнения расчетов на регулярных блочных моделях месторождений твердых полезных ископаемых, разрабатываемых открытым способом. Основные преимущества предложенного метода заключаются в предоставлении нового принципа решения задачи оптимизации карьеров, позволяющего работать напрямую с трехмерной моделью месторождения, что значительно повышает адекватность получаемой модели. Кроме того, возможности гибкого масштабирования вычислительного процесса позволяют сокращать время обсчета модели почти линейно с увеличением количества вычислительных узлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 15-47-03029_р_центр_а и № 16-07-00399_А.

Список литературы
References

1. Whittle D.J., Vassiliev P.V. Construction Economic Ore Body Models for Open Pit Optimization. Moscow: s.n., 1997. 2nd Regional APCOM 97 SYMPOSIUM, Aug. pp. 511–514.

2. П.В. Васильев, В.М. Михелев, Д.В. Петров Оценка вычислительной сложности алгоритмов оптимизации границ карьеров в системе недропользования Научные ведомости БелГУ, Серия Экономика. Информатика, 2015. № 8 (205) Выпуск 34/1

P.V. Vasil'ev, V.M. Mikhelev, D.V. Petrov. Otsenka vychislitel'noy slozhnosti algoritmov optimizatsii granits kar'erov v sisteme nedropol'zovaniya. Nauchnye vedomosti BelGU, Seriya Ekonomika. 2015, № 8 (205), 34/1

3. A new algorithm for optimum open pit design: Floating cone method III. Elahi zeyni E., Kakaie R., Yousefi A. 2 , 2011, Journal of Mining & Environment, Vol. 2 , pp. 118–125.

4. Carlson, T.R.; Erickson, J.D.; O'Brain D.T . and Pana, M.T.; 1966; «Computer techniques in mine planning», Mining Engineering, Vol. 18, No. 5, p.p. 53–56.

5. Khalokakaie, R. 2006; «Optimum open pit design with modified moving cone II methods», Journal of engineering in Tehran university, Vol. 4, No. 3 p.p 297–307. (in Persian)

6. Васильев П.В. Ускорение моделирования и оптимизации извлечения запасов рудных месторождений на основе параллельных вычислений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — М.: МГГУ, 2012. — № 3. — С. 205–211.

Vasil'ev P.V. Uskorenie modelirovaniya i optimizatsii izvlecheniya zapasov rudnykh mestorozhdeniy na osnove parallel'nykh vychisleniy. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. M.: MGGU, 2012, № 3, P. 205–211.

7. Васильев П.В., Буянов Е.В. О методике совместной работы программ MapInfo и Geoblock по оконтуриванию и подсчету запасов рудных месторождений //Информационный Бюллетень ГИС Ассоциации. 2000. № 2. С. 32–33

Vasil'ev P.V., Buyanov E.V. O metodike sovmestnoy raboty programm MapInfo i Geoblock po okonturivaniyu i podschetu zapasov rudnykh mestorozhdeniy. Informatsionnyy Byulleten' GIS Assotsiatsii. 2000. № 2. P. 32–33

8. Петров Д.В., Михелев В.М. «Моделирование карьеров рудных месторождений на высокопроизводительных гибридных вычислительных системах», Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2014. Т. 3. № 3. С. 124–129.

Petrov D.V., Mikhelev V.M. Modelirovanie kar'erov rudnykh mestorozhdeniy na vysokoproizvoditel'nykh gibridnykh vychislitel'nykh. Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Vychislitel'naya matematika i informatika. 2014. V. 3. № 3. P. 124–129.

УДК 303.732.4

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

USING ALGEBRAIC APPARATUS FOR EFFICIENT MODELING OF BUSINESS PROCESSES

С.И. Маторин, М.В. Михелев
S.I. Matorin, M.V. Mikhelev

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

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

e-mail: matorin@bsu.edu.ru

Аннотация. Обсуждается возможность математического описания визуальных графоаналитических моделей с помощью алгебраического аппарата «π-исчисления» Р. Милнера на примере моделей процессов управления наружным освещением в стандарте BPMN.

Resume. Discuss capacity of the mathematical description of visual graphic-analytical models, by means of the algebraic device «pi-calculation» by R. Milner, on an example of models control processes of outward illumination in standard BPMN.

Ключевые слова: визуальное графоаналитическое моделирование, BPMN, π-исчисление, управление наружным освещением, бизнес-процесс.

Keywords: visual graphic-analytical design, automation of construction of diagrams, BPMN, π-calculation, management outward illumination, business-process.

Введение

Любые организации, выходя на рынок или уже функционируя на нем, сталкиваются с очень серьезной для них проблемой – конкуренцией. Чтобы преодолеть данную проблему им необходимо непрерывно улучшать свой бизнес, развивать новые отрасли своей деятельности, то есть проводить непрерывную реорганизацию своего бизнеса, так как жесткая структура бизнеса в настоящее время не жизнеспособна. С другой стороны, по причине той же конкуренции, любая организация не может функционировать без четкого описания своего бизнеса в виде должностных инструкций и положений о подразделениях. Это обеспечивается путем проведения регламентации бизнеса. Регламентация означает создание документации, определяющей ход, результаты процессов и порядок управления ими. Регламентация процессов начинается с определения того, какие процессы должны быть регламентированы. Затем проводится документирование процесса, его входов, выходов и подпроцессов по заранее разработанному шаблону. Регламентация необходима для более точного и корректного описания процесса, что позволит создать или откорректировать должностные инструкции, закрепить ответственность, укрепить нормативную базу организации.

Эта двухсторонняя и противоречивая по своей сути задача (обеспечение возможности непрерывной реорганизации бизнеса при его постоянной четкой регламентации) может быть решена только путем формализации бизнеса. Поэтому формализация бизнеса в настоящее время является бурно развивающейся отраслью системного анализа, организационного проектирования и управленческого консультирования. С одной стороны, формализованные бизнес-процессы легче изменять и модернизировать, с другой стороны, формализация процессов позволяет четко определить правила работы сотрудников и подразделений. Кроме того, формализация бизнес-процессов является хорошей основой для последующей информатизации и автоматизации бизнеса в организации.

В качестве основного средства формализации бизнеса используются компьютерные визуальные графоаналитические модели, создаваемые с помощью различных методов системного анализа. Они являются достаточно формальным описанием, позволяющим пошагово определять виды действия, участников и результаты, а также легко понимаемы всеми участниками бизнеса. При этом применяется несколько методологий и технологий такого моделирования, составляющих

популярную информационную технологию, начавшую свое развитие в рамках так называемой CASE-технологии. Все они обладают как некоторыми достоинствами, так и определенными недостатками. Поэтому актуальными остаются исследования в области формализации визуальных графоаналитических моделей бизнеса с помощью математических методов [1].

Визуальное графоаналитическое моделирование бизнес-процессов

В 2001–2004 годах организацией Business Process Management Initiative (BPMI) была разработана новая нотация визуального моделирования бизнес-процессов (BPMN) с учетом множества ранее существовавших нотаций. Основной целью данной разработки было получение нотации, легко понимаемой всеми пользователями: от бизнес-аналитика, создающего первые наброски описаний процессов, до технических специалистов, отвечающих за реализацию этих процессов, и, наконец, до людей бизнеса, которые управляют этими процессами и контролируют их работу. Только с появлением стандарта BPMN (доведение данной нотации до стандарта осуществил консорциум OMG) появилась возможность автоматизированного выполнения именно описаний бизнес-процессов, а не "программ", которые непрозрачным и непонятным способом разработаны другими людьми на основе этих прозрачных описаний.

Следует подчеркнуть, что одним из факторов развития BPMN является создание простого механизма для создания моделей бизнес-процессов, в то же время способного к управлению сложными бизнес-процессами. Способ решения проблемы сочетания этих двух противоречащих друг другу требований состоял в создании графических аспектов нотации по конкретным категориям. При этом совокупность категорий нотации получается небольшая, таким образом, читатель схемы BPMN может легко узнать основные типы элементов и понять схему. В рамках основных категорий элементов могут быть добавлены дополнительные изменения и информация для обеспечения соответствия требованиям сложности без значительных изменений основных ощущений и впечатлений от схемы.

Можно выделить четыре основные категории элементов нотации:

1. Объекты схемы – задача, событие, шлюз.
2. Артефакты – группа, аннотация, объект данных.
3. Области и дорожки – пул, дорожка, промежуточный этап.
4. Соединители - поток процесса, сопоставление, поток сообщений.

На рисунке 1 представлен бизнес-процесс, описывающий в нотации BPMN, процедуру выполнения переключений уличного освещения в шкафу управления (ШУ). Диспетчеру, работающему в автоматизированной системе управления наружным освещением (АСУНО), поступает заявка на выполнение переключения ШУ [2].

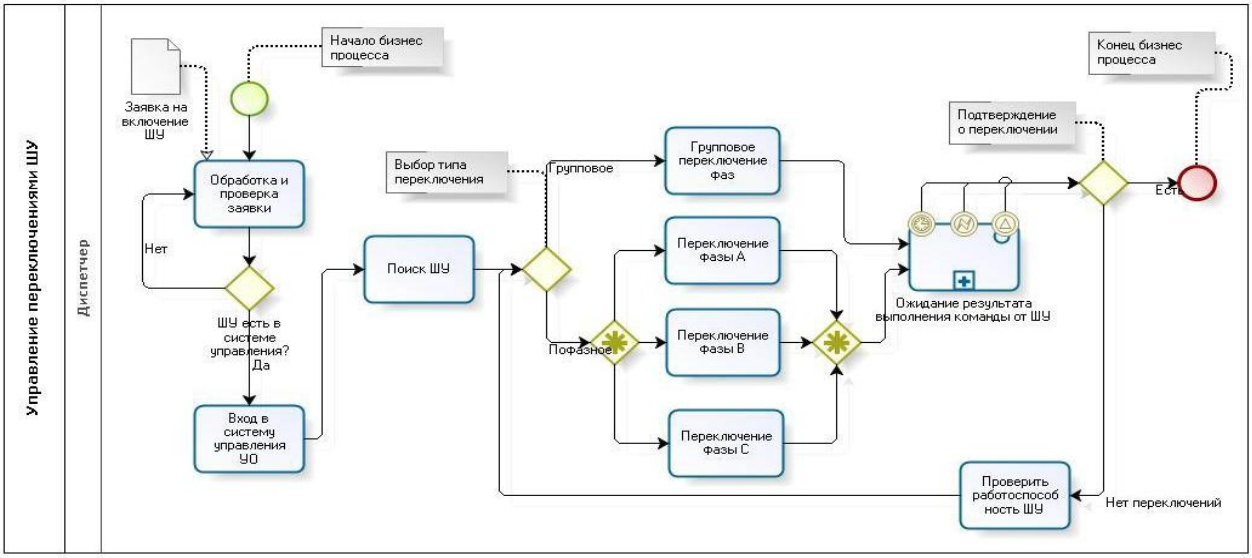


Рис. 1. Бизнес-процесс переключения освещения
Fig. 1. Business process change lighting

Диспетчер обрабатывает заявку, выполняет поиск ШУ в системе и осуществляет удаленное переключение ШУ по команде. В случае успешного выполнения команды, приходит подтверждение о выполненном переключении.

Весь бизнес-процесс разбит на действия, в терминах BPMN – это задача или подзадача. Переходы между действиями показаны стрелками – это поток процесса, а документы, которые порождаются или используются каким-либо действием – это объект данных. Также в бизнес-процессе присутствуют точки принятия решений, в которых поток процесса может быть продолжен по одному или нескольким альтернативным путям – это шлюзы.

Несмотря на то, что для решения ряда задач вполне достаточно графоаналитического представления процессов, существуют задачи, решение которых невозможно без более формального, то есть математического их описания (например, задача верификации или имитационного моделирования).

Математическое описание бизнес-процессов с помощью пи-исчисления

Для математического описания моделей бизнес-процессов будем использовать алгебраический аппарат, разработанный в 1989 году шотландским математиком Робертом Милнером, названный «π-исчисление», являющийся расширением «исчисление взаимодействующих систем (CCS)» [3].

П-исчисление – современная алгебра процессов, которая описывает мобильные систем в широком смысле. Исчисление основывается на концепции мобильности, которое включает коммуникации и изменения. Связь осуществляется между различными процессами. Структура процессов изменяется с течением времени по каналам коммуникаций, например, процесс может динамически включать в себя другие процессы, которые он получил с помощью каналов коммуникаций. Сами каналы коммуникаций основаны на концепции имен. Имя – это собирательное название для различных ссылок, указателей, идентификаторов, которые имеют свою сферу применения. Предполагается, что имя представляет собой ссылку на процесс, который в настоящее время обрабатывает технологический маршрут (workflow) и в это время границы имени включают в себя только данный активный процесс. Как только данный процесс завершается, границы имени переходят на процесс, который обрабатывает следующий блок технологического маршрута. Гибкость π-исчисления обеспечивает много различных возможностей формализации моделей бизнес-систем. Каждый элемент бизнеса, такой как событие, условие, действие, описывается как самостоятельный процесс в терминах π-исчисления. Эти процессы используют события через каналы коммуникаций для координирования поведения рабочего процесса. Некоторые процессы в совокупности образуют модель поведения, которая представляет собой модель технологического процесса. В общем смысле, π-исчисление — модель параллельных вычислений, основанная на посылке сообщений. В терминах π-исчисления любой алгоритм представляется как последовательность посылки и принятия сообщений процессами. Посылка сообщений осуществляется с помощью канала.

Примитивными сущностями π-исчисления являются имена. Их бесконечно много, они лишены внутренней структуры. Имена записываются как символьные строки, начинающиеся со строчной буквы: $x, y, ... \in X$.

Процесс P (выражение π-исчисления) представляет собой одно из следующего списка:

1) $c(x).P$ - входной префикс, получение данных x из канала c;

2) $\bar{c}\langle y\rangle.P$ - выходной префикс, передача данных y по каналу c;

3) $P|Q$ — параллельный запуск двух процессов;

4) $!P$ — репликация процесса;

5) $(\nu x)P$ — объявление канала и последующее выполнение процесса;

6) τ_P — внутреннее действие процесса;

7) 0 — пустой процесс.

Бизнес-процесс – это кортеж, состоящий из узлов, направленных ребер, типов и атрибутов. Формально описывается следующим образом:

$P = (N, E, T, A)$ - формальное описание процесса, где

N – набор узлов,

$E \subseteq (N \times N)$ - набор направленных ребер между узлами,

$T : N \rightarrow TYPE$ - функция,

$A \subseteq (N \times (KEY \times VALUE))$ - связи между узлами и значениями.

N представляет собой набор действий, *E* отвечает за маршрутизацию потока управления, *T* связывает узлы с шаблонами рабочего процесса модели, *A* описывает связь пары ключ/значение для узлов. Примечательно, что граф процесса описывает только статическую структуру, то есть схему бизнес-процесса и может быть легко связан с графическим отображением подхода УФО.

Чтобы описать граф процесса с помощью семантики алгебры процессов, воспользуемся алгоритмом.

Алгоритм 1. Описание графа процесса в семантике алгебры процессов.

Граф процесса $P = (N, E, T, A)$ представляется в виде элементов π-исчисления следующим образом:

1. Все узлы процесса P соответствуют уникальным идентификаторам π-исчисления $N1...N\,|\,P_N\,|$.

2. Все ребра процесса P соответствуют именам π-исчисления $e1...e\,|\,P_E\,|$.

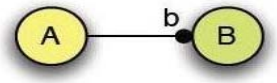
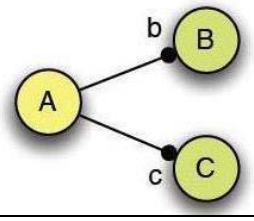
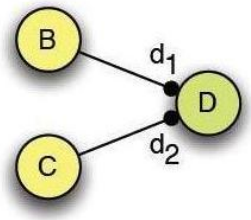
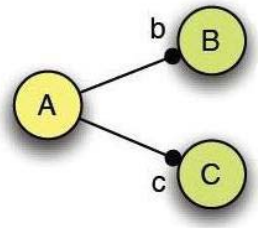
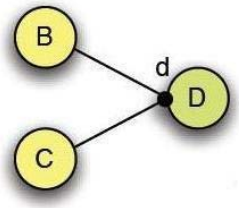
3. Внутреннюю деятельность процесса будем обозначать τ. Если граф процесса цикличный, то используется рекурсия для возможности многократного выполнения экземпляра деятельности.

4. Элемент $N \overset{def}{=} (\nu e1,..., e\,|\,P_E)(\prod_{i=1}^{|P_N|} N_i)$ описывает экземпляр процесса.

Любой бизнес-процесс можно представить как набор из основных конструкций. К основным конструкциям бизнес-процессов можно отнести[4]:

Таблица 1
Table 1

Основные конструкции бизнес-процессов, описанные в нотации BPMN
The basic construction of business processes described in BPMN notation

1. Последовательность		$P = A\,\|\,B\,\|$; $A = \tau_A.\overline{b}\langle x\rangle.0$; $B = b(x).\tau_B.B'$
2. Параллельное разделение		$P = A\,\|\,(B\,\|\,C)$; $A = \tau_A.(\overline{b}\langle x\rangle.0\,\|\,\overline{c}\langle x\rangle.0)$; $B = b(x).\tau_B.B'$; $C = c(x).\tau_C.C'$
3. Синхронизация		$P = (B\,\|\,C)\,\|\,D$; $B = \tau_B.\overline{d_1}\langle x\rangle.0$; $C = \tau_C.\overline{d_2}\langle x\rangle.0$; $D = d_1(x).d_2(x).\tau_D.D'$
4. Выбор		$P = A\,\|\,(B + C)$; $A = \tau_A.(\overline{b}\langle x\rangle.0 + \overline{c}\langle x\rangle.0)$; $B = b(x).\tau_B.B'$; $C = c(x).\tau_C.C'$
5. Объединение		$P = (B + C)\,\|\,D$; $B = \tau_B.\overline{d}\langle x\rangle.0$; $C = \tau_C.\overline{d}\langle x\rangle.0$; $D = d(x).\tau_D.D'$

На рис. 2 представлен бизнес-процесс, показанный на рис. 1 в упрощенном виде. В данном случае все действия (задачи) представлены в виде процессов, переходы между действиями заменены на именованные потоки процесса, шлюзы заменены на блоки параллельного разделения, синхронизации и выбора.

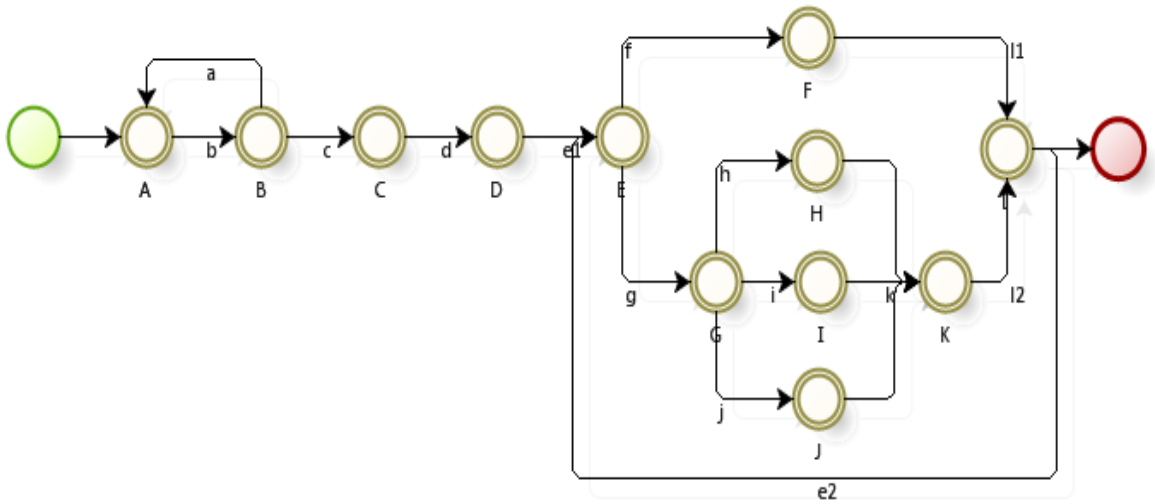


Рис. 2. Упрощенный вид бизнес-процесса переключения освещения
Fig. 2. A simplified view of the business process of switching light

Процессы, показанные на рис. 2, могут быть представлены в терминах π-исчисления следующим образом:

$$A = !a(x).\tau_A.\overline{b}\langle x\rangle.0$$

$$B = !b(x).\tau_B.(\overline{a}\langle x\rangle.0 + \overline{c}\langle x\rangle.0)$$

$$C = c(x).\tau_C.\overline{d}\langle x\rangle.0$$

$$D = d(x).\tau_D.\overline{e}\langle x\rangle.0$$

$$E = e1(x).!e2(x).\tau_E.(\overline{f}\langle x\rangle.0 \mid \overline{g}\langle x\rangle.0)$$

$$F = !f(x).\tau_F.\overline{l1}\langle x\rangle.0$$

$$G = !g(x).\tau_G.(\overline{h}\langle x\rangle.0 + \overline{i}\langle x\rangle.0 + \overline{j}\langle x\rangle.0)$$

$$H = !h(x).\tau_H.\overline{k}\langle x\rangle.0$$

$$I = !i(x).\tau_I.\overline{k}\langle x\rangle.0$$

$$J = !j(x).\tau_J.\overline{k}\langle x\rangle.0$$

$$K = !k(x).\tau_K.\overline{l2}\langle x\rangle.0$$

$$L = (!l1(x) \mid l2(x)).\tau_L.(\overline{e2}\langle x\rangle.0 + 0)$$

Таким образом, весь бизнес-процесс переключения освещения может быть описан в виде следующих ниже выражений:

$$P = A \mid B \mid (A + C) \mid D \mid E \mid (F \mid (G \mid H + I + J \mid K)) \mid L \mid (E + 0) \text{ или}$$

$$P = !a(x).\tau_A.\overline{b}\langle x\rangle.0 \mid !b(x).\tau_B.(\overline{a}\langle x\rangle.0 + \overline{c}\langle x\rangle.0) \mid (!a(x).\tau_A.\overline{b}\langle x\rangle.0) + (c(x).\tau_C.\overline{d}\langle x\rangle.0) \mid$$
$$d(x).\tau_D.\overline{e}\langle x\rangle.0 \mid e1(x).!e2(x).\tau_E.(\overline{f}\langle x\rangle.0 \mid \overline{g}\langle x\rangle.0) \mid (!f(x).\tau_F.\overline{l1}\langle x\rangle.0) \mid$$
$$(!g(x).\tau_G.(\overline{h}\langle x\rangle.0 + \overline{i}\langle x\rangle.0 + \overline{j}\langle x\rangle.0) \mid (!h(x).\tau_H.\overline{k}\langle x\rangle.0 + !i(x).\tau_I.\overline{k}\langle x\rangle.0 + !j(x).\tau_J.\overline{k}\langle x\rangle.0) \mid$$
$$!k(x).\tau_K.\overline{l2}\langle x\rangle.0)) \mid (!l1(x) \mid l2(x)).\tau_L.(\overline{e2}\langle x\rangle.0 + 0 \mid (e1(x).!e2(x).\tau_E.(\overline{f}\langle x\rangle.0 \mid \overline{g}\langle x\rangle.0 + 0)$$

Заключение

Моделирование бизнес-процессов – это эффективное средство поиска путей оптимизации, средство прогнозирования и минимизации рисков, возникающих на различных этапах управления процессами.

Использование BPMN в качестве нотации для моделирования бизнес-процессов, является мощным и современным инструментом. Этот инструмент нацелен на бизнес-аналитиков, архитекторов и разработчиков программного обеспечения. Данная нотация создавалась как способ сделать более быстрой всю разработку деловых процессов: от их проектирования до внедрения. Такая гибкость и простота осуществляется за счет процессно-ориентированного подхода к моделированию приложений.

Использование π-счисления в качестве формального аппарата для описания моделей BPMN дает возможность создавать средства имитационного моделирования бизнес-процессов и решать задачи верификации процессов.

Моделирование бизнес-процессов для управления уличным освещением с помощью BPMN-моделей и π-исчисления позволило решить задачи мониторинга и диагностики сетей, управления переключениями и учета энергопотребления, а также более рационально организовать взаимодействие генерирующих компаний с конечными плательщиками электрической энергии.

Список литературы
References

1. Михелев М.В. Формализация бизнеса с помощью графоаналитических моделей / Михелев М.В., Маторин С.И. // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – Белгород, 2009.- № 1 (56). – Выпуск № 9/1. – С. 86–94.

Mihelev M.V. Formalizaciya biznesa s pomoshch'yu grafoanaliticheskih modelej / Mihelev M.V., Matorin S.I. // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – Belgorod, 2009.- № 1(56). – Vypusk № 9/1. – S. 86–94.

2. Михелев М.В. Моделирование бизнес-процессов в управлении наружным освещением / Михелев М.В., Маторин С.И. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – Курск, 2009. - № 3. - С. 136–139.

Mihelev M.V. Modelirovanie biznes-processov v upravlenii naruzhnym osveshcheniem / Mihelev M.V., Matorin S.I. // ZHurnal nauchnyh publikacij aspirantov i doktorantov. – Kursk, 2009. - № 3. - S. 136–139.

3. R. Milner Communicating and Mobile Systems: the π-Calculus. Cambridge University Press, ISBN 052164320, 1999.

R. Milner Communicating and Mobile Systems: the π-Calculus. Cambridge University Press, ISBN 052164320, 1999.

4. Михелев М.В. Формализация моделей процессов на основе пи-исчисления./ Михелев М.В., Маторин С.И.// Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – Белгород, 2009. № 9(64)2009 Выпуск 11/1 – С. 165–169.

Mihelev M.V. Formalizaciya modelej processov na osnove pi-ischisleniya./ Mihelev M.V., Matorin S.I.// Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – Belgorod, 2009. № 9 (64) 2009 Vypusk 11/1 - S. 165–169.

УДК 621.397

ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

ON ESTIMATION OF EFFICIENCY OF PREDICTION METHOD BASED ON COSINE TRANSFORMATION

А.А. Черноморец, Е.В. Болгова, Д.А. Черноморец, А.В. Болгова
A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova, D.A. Chernomorets, A.V. Bolgova

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

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

e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru, bolgova_e@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье рассматривается эффективность применения метода прогнозирования на основе косинусного преобразования, а также выполнено сравнение полученных результатов с известными методами. Показано преимущество разработанного метода в точности прогнозирования на длительный период времени.

Resume. The article discusses the effectiveness of the method for predicting based on the cosine transform, as well as a comparison received results to known methods. The advantage of this method in the prediction accuracy for a long period of time.

Ключевые слова: прогнозирование, косинусное преобразование, частотная подобласть, информационная частотная компонента, доли энергии

Keywords: prediction, cosine transformation, frequency sub-area, information frequency component, energy parts

В настоящее время наиболее распространенным из известных методов прогнозирования является метод линейного предсказания и прогнозирования на основании сплайнов [1]. Однако, данные, полученные в результате прогнозирования на основе указанных методов, зачастую, обладают неточностью при прогнозировании на длительные промежутки времени. Например, методы прогнозирования используются в интеллектуальных системах автоматического управления инерционными объектами, широко известна классическая задача упреждающего прицеливания зенитного орудия на маневрирующий самолет. Важное значение имеет правильное построение прогнозов при управлении процессом мониторинга и оповещения, например, о загрязненности малых рек и др. Исключительно широкое распространение получил алгоритм линейного предсказания, используемый в вокодерах современных систем цифровой связи, в системах сжатия аудио- и видеосигналов.

В данной работе для решения задачи прогнозирования предлагается использовать преобразование исходных зарегистрированных данных на основе частотных представлений (косинусное преобразование). Использование частотных представлений для задач прогнозирования основано на том, что они характеризуют отрезок зарегистрированных данных как в целом, так и в каждом его отсчете, при этом результаты преобразования содержат информацию о закономерностях динамики изменения данных на доступном наблюдению отрезке. Кроме того, в течение определенного промежутка времени существует относительная устойчивость выделенных закономерностей.

В работе процедура преобразования зарегистрированных данных на основе частотных представлений осуществляется с помощью косинусного преобразования Фурье, обеспечивающего высокую концентрацию энергии исследуемого отрезка данных в узкой частотной подобласти [2, 3]

Метод прогнозирования на основе косинусного преобразования предложен в работе [4]. Для вычисления прогнозируемых значений было использовано важное свойство реальных процессов – энергетические характеристики в последовательных отрезках зарегистрированных данных сохраняются в течение определенного периода времени.

Рассмотрим основные положения метода. Пусть в течение некоторого периода были зарегистрированы N значений, представленных в виде вектора $\vec{x} = (x_1, x_2, ..., x_{N-1}, x_N)^T$, и определена частотная подобласть $V = [u_1, u_2)$, $0 \le u_2, u_1 < \pi$, соответствующая наиболее значимой частотной компоненте данного вектора, то есть такой компоненте, которая соответствует заданной (близкой к единице) доле m энергии исходного вектора.

Вычислим для заданной частотной подобласти V симметрическую квазисубполосную матрицу $G_V = (g_{i_1 i_2})$, $i_1, i_2 = 1,2,..., N$, элементы которой определяются следующими соотношениями [5]:

$$g_{i_1 i_2} = a_{i_1 i_2} + h_{i_1 i_2}, \tag{1}$$

$$a_{i_1 i_2} = \begin{cases} \dfrac{\sin(u_2(i_1 - i_2)) - \sin(u_1(i_1 - i_2))}{\pi(i_1 - i_2)}, & i_1 - i_2 \neq 0, \\ \dfrac{u_2 - u_1}{\pi}, & i_1 - i_2 = 0, \end{cases} \tag{2}$$

$$h_{i_1 i_2} = \frac{\sin(u_2(i_1 + i_2 - 1)) - \sin(u_1(i_1 + i_2 - 1))}{\pi(i_1 + i_2 - 1)}. \tag{3}$$

Аналогичным образом для заданной частотной подобласти $V = [u_1, u_2)$ вычислим квазисубполосную матрицу $G_V^{N+1} = (g_{i_1 i_2})$, $i_1, i_2 = 1,2,...,N+1$.

Очевидно, что квазисубполосная матрица G_V^{N+1} может быть представлена в следующем виде:

$$G_V^{N+1} = \begin{pmatrix} G_V & \vec{g}_N \\ \vec{g}_N^T & g_{N+1,N+1} \end{pmatrix},$$

$\vec{g}_N$ – вектор-столбец, элементы которого совпадают с элементами $\{g_{N+1,1}; g_{N+1,2}; ...; g_{N+1,N}\}$ матрицы G_V^{N+1}.

В работе [2] показано, что для вычисления прогнозируемого значения x_{N+1} вектора $\vec{x}$ можно использовать следующее выражение

$$x_{N+1} = \frac{-\vec{g}_N^T \vec{x} \pm \sqrt{\left(\vec{g}_N^T \vec{x}\right)^2 - (g_{N+1,N+1} - P_V)(\vec{x}^T G_V \vec{x} - P_V \sum_{i=1}^{N} x_i^2)}}{g_{N+1,N+1} - P_V}, \tag{4}$$

где

P_V - доля энергии вектора $\vec{x}$, соответствующая заданной частотной подобласти V [6, 7],

$$P_V = \frac{\vec{x}^T G_V \vec{x}}{\|\vec{x}\|^2} = \frac{\vec{x}^T G_V \vec{x}}{\sum_{i=1}^{N} x_i^2}. \tag{5}$$

Для проверки эффективности разработанного метода были проведены вычислительные эксперименты.

Целью вычислительных экспериментов является сравнение результатов применения метода прогнозирования на основе косинусного преобразования с результатами использования известных методов прогнозирования (на примере оценивания состояний загрязненности малых рек).

В качестве анализируемых отрезков данных в работе рассматриваются как модельные зависимости, так и значения отдельного показателя загрязненности малых рек в заданный период, например, для факторов загрязнения «сульфаты» и «хлориды» использованы зарегистрированные значения на Старогородском водозаборе № 4, скважина № 25 в период с 15.01.2007 по 30.07.2013

При проведении вычислительных экспериментов по оцениванию метода прогнозирования состояния загрязненности малых рек на основе косинусного преобразования предлагается сравнение результатов прогнозирования различными методами осуществить на основе сравнения относительных погрешностей прогнозирования состояния загрязненности малых рек различными методами. Для сравнения использованы одни из наиболее распространенных методов – линейное предсказание и прогнозирование на основе сплайнов.

Для проведения экспериментов использован фрагмент исходной последовательности показателей загрязненности с целью сравнения результатов прогнозирования с оставшейся частью данных.

Далее для выбранного фрагмента показателей загрязненности с помощью сравниваемых методов получены результаты прогнозирования оставшейся части значений показателей. Затем была определена относительная погрешность прогнозирования.

Для вычисления относительной погрешности δ_i прогнозирования i-того значения показателя использовано выражение следующего вида:

$$\delta_i = \frac{|x_{1,i} - x_{2,i}|}{|x_{2,i}|},$$

где $x_{1,i}$ – i-тое значение, полученное в результате прогнозирования, $x_{2,i}$ – реальное i-тое значение показателя загрязненности.

Среднее значение $\delta_{ср}$ относительной погрешности вычислено на основании следующего выражения:

$$\delta_{ср} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\delta_i ,$$

где N – количество прогнозируемых значений заданного показателя загрязненности.

В ходе вычислительных экспериментов в качестве исходных данных использованы:

- модельные данные значения логарифмической функции

$$x_i = \log i \, , \, i = 1,2,...,32 \qquad (6)$$

- реальные значения различных показателей загрязненности рек Белгородской области (набор 1 и набор 2).

Данные для набора 1 получены на Старогородском водозаборе № 4, скважина № 25, в период с 15.01.2007 по 30.07.2013 для фактора загрязнения – сульфаты:

$$\begin{aligned}&[99\ 118\ 109\ 104\ \ 87\ 103\ 100\ 115\ 100\ 98.9\ \ 98.9\ \ 101.4\ \ 100.9\ \ 110.9\ \ 92.8\ \ 90.7\ 102.7\\ &103.7\ \ 103.2\ \ 108\ \ 103.7\ \ 122.4\ \ 103.2\ \ 108\ \ 112.8\ \ 115.2\ \ 117.6\ \ 111.6\ \ 122.4\ \ 123.6]\end{aligned} \qquad (7)$$

Данные для набора 2 получены на Старогородском водозаборе № 4, скважина № 25, в период с 15.01.2007 по 30.07.2013 для фактора загрязнения – хлориды:

$$\begin{aligned}&[13.48\ 13.92\ 13.92\ \ 12\ \ 15.52\ \ 14.95\ \ 12.5\ \ 10.64\ 12.5\ 14.8\ 12.99\ \ 13.25\ \ 14.03\ 12.75\ \ 13.75\ 13.1\\ &13.25\ \ 13.75\ \ 13.25\ \ 13.75\ \ 10.25\ \ 10.75\ \ 11.25\ \ 11.75\ \ 14.25\ \ 10.25\ \ 13.75\ \ 12.25\ \ 13.25\ \ 12.25]\end{aligned} \qquad (8)$$

В таблице 1 приведены результаты вычислительных экспериментов по сравнению результатов прогнозирования, показаны 10 значений модельных значений логарифмической функции (5) на основе разработанного метода, метода линейного предсказания (коэффициенты линейного предсказания для определения очередного значения вычислены в среде Matlab на основе всего множества предшествующих значений) и метода прогнозирования на основе сплайнов и их относительные погрешности.

Таблица 1
Table 1

Результаты прогнозирования (эксперимент 1)
The prediction results (experiment 1)

№ точки прогнозирования	Вычисленные модельные значения	Результат прогнозирования (разработанный метод)	Относительная погрешность (разработанный метод)	Результат прогнозирования (метод линейного предсказания)	Относительная погрешность (метод линейного предсказания)	Результат прогнозирования (сплайн)	Относительная погрешность (сплайн)
1	3,497	3,536	0,011	3,193	0,087	3,497	1,429E-06
2	3,526	3,531	0,001	2,914	0,174	3,526	7,294E-06
3	3,555	3,530	0,007	2,626	0,262	3,555	2,193E-05
4	3,584	3,535	0,013	2,326	0,351	3,584	5,082E-05
5	3,611	3,545	0,018	2,014	0,442	3,611	1,004E-04
6	3,638	3,558	0,022	1,689	0,536	3,638	1,778E-04
7	3,664	3,573	0,025	1,355	0,630	3,664	2,911E-04
8	3,689	3,589	0,027	1,014	0,725	3,689	4,487E-04
9	3,714	3,605	0,029	0,676	0,818	3,714	6,597E-04
10	3,738	3,621	0,031	0,361	0,903	3,738	9,335E-04

Средняя погрешность прогнозирования $\delta_{ср}$ для данного вычислительного эксперимента:

– метод линейного предсказания – 0.4928;
– прогнозирование на основе сплайнов – 2.6925e-004;
– разработанный метод – 0.0185.

Во втором вычислительном эксперименте при прогнозировании значений использован набор данных 1 (2.32).

В таблице 2 приведены результаты вычислительных экспериментов по сравнению результатов прогнозирования 10 значений для набора данных 1 на основе разработанного метода, метода линейного предсказания и метода прогнозирования на основе сплайнов, 10 последовательно вычисленных значений прогнозируемых величин и их относительные погрешности для набора данных 1.

Средняя погрешность прогнозирования $\delta_{ср}$ для данного вычислительного эксперимента:

– метод линейного предсказания – 0.8002;
– прогнозирование на основе сплайнов – 3.2962;
– разработанный метод – 0.0929.

Таблица 2
Table 2

Результаты прогнозирования (эксперимент 2)
The prediction results (experiment 2)

№ точки прогнозирования	Вычисленные модельные значения	Результат прогнозирования (разработанный метод)	Относительная погрешность (разработанный метод)	Результат прогнозирования (метод линейного предсказания)	Относительная погрешность (метод линейного предсказания)	Результат прогнозирования (сплайн)	Относительная погрешность (сплайн)
1	103,7	102,355	0,013	89,154	0,140	121,619	0,173
2	122,4	109,810	0,103	57,115	0,533	147,576	0,206
3	103,2	102,355	0,008	39,239	0,620	189,390	0,835
4	108	96,407	0,107	18,913	0,825	250,580	1,320
5	112,8	86,675	0,232	16,166	0,857	334,666	1,967
6	115,2	121,970	0,059	5,990	0,948	445,165	2,864
7	117,6	100,272	0,147	7,616	0,935	585,598	3,980
8	111,6	115,296	0,033	-7,377	1,066	759,482	5,805
9	122,4	99,922	0,184	-4,964	1,041	970,338	6,928
10	123,6	118,278	0,043	-4,615	1,037	1221,684	8,884

В третьем вычислительном эксперименте при прогнозировании значений использован набор данных (2.33).

В таблице 3 приведены 10 последовательно вычисленных значений прогнозируемых величин и их относительные погрешности для набора данных 2.

Таблица 3
Table 3

Результаты прогнозирования (эксперимент 3)
The prediction results (experiment 3)

№ точки прогнозирования	Вычисленные модельные значения	Результат прогнозирования (разработанный метод)	Относительная погрешность (разработанный метод)	Результат прогнозирования (метод линейного предсказания)	Относительная погрешность (метод линейного предсказания)	Результат прогнозирования (сплайн)	Относительная погрешность (сплайн)
1	10,25	13,405	0,308	11,316	0,104	18,110	0,767
2	10,75	13,543	0,260	8,907	0,171	29,189	1,715
3	11,25	13,207	0,174	6,102	0,458	49,848	3,431
4	11,75	11,935	0,016	5,302	0,549	82,945	6,059
5	14,25	13,405	0,059	2,652	0,814	131,342	8,217
6	10,25	13,788	0,345	1,438	0,860	197,897	18,307
7	13,75	15,286	0,112	1,225	0,911	285,470	19,761
8	12,25	13,257	0,082	0,723	0,941	396,922	31,402
9	13,25	11,790	0,110	0,879	0,934	535,111	39,386
10	12,25	13,743	0,122	-0,113	1,009	702,898	56,379

Средняя погрешность прогнозирования $\delta_{ср}$ для данного вычислительного эксперимента:

– метод линейного предсказания – 0.6750;
– прогнозирование на основе сплайнов – 18.5425;
– разработанный метод – 0.1588.

Результаты, приведенные в таблицах 2–3 демонстрируют преимущество разработанного метода по сравнению с широко используемыми методами линейного предсказания и прогнозирования на основе сплайнов.

Однако, данные, приведенные в таблице 1, показывают, что в отдельных случаях метод прогнозирования на основе сплайнов позволяет получить лучшие результаты по сравнению с разработанным методом.

Вычислительные эксперименты показали, что применение предлагаемого метода прогнозирования состояния загрязненности малых рек на основе косинусного преобразования в большинстве случаев позволяет получить более точные прогнозные значения на длительном промежутке

времени. Погрешность вычисления первой точки прогнозирования в большинстве случаев меньше у методов линейного и сплайн-прогнозирования, чем у частотного метода прогнозирования. Погрешность вычисления последующих точек прогнозирования обычно меньше у субполосного метода, чем у методов линейного и сплайн-прогнозирования.

Метод линейного предсказания вызвал нежелательные эффекты значительного уменьшения прогнозных значений.

На основе данных, приведенных в таблицах 1–3, средняя относительная погрешность прогнозирования на основе разработанного метода равна 0.0185, 0.0929 и 0.1588 соответственно, на основе метода линейного предсказания – 0.4928, 0.8002 и 0.6750, а на основе сплайн-прогнозирования – 2.6925e-004, 3.2962 и 18.5425, что также указывает на преимущество в большинстве случаев разработанного метода.

Сопоставив результаты из таблиц 1–3, можно сделать вывод, что разработанный метод прогнозирования значений показателей загрязненности малых рек на основе косинусного преобразования обладает меньшей относительной погрешностью по сравнению с методом линейного предсказания.

Таким образом, сравнительные вычислительные эксперименты по прогнозированию на основании предлагаемого метода при использовании различных зарегистрированных данных о состоянии загрязненности водных объектов показали его высокую эффективность.

Кроме того, вычислительные эксперименты показали, что при построении прогнозов на длительный период, применение разработанного метода прогнозирования позволяет на основании учета выявленных закономерностей вычислять результаты прогнозирования в течение определенного промежутка времени с точностью, превышающей точность прогнозирования на основе известных методов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-47-08052.

Список литературы
References

1. Шурыгин А. Математические методы прогнозирования. – М.: Горячая линия -Телеком, 2009. – 180 с.
Shurygin A. Matematicheskie metody prognozirovanija. – M.: Gorjachaja linija -Telekom, 2009. – 180 s.

2. Черноморец А.А., Болгова Е.В. Об анализе данных на основе косинусного преобразования // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2015. – № 1 (198). – Вып. 33/1. – С. 68–73.
Chernomorets A.A., Bolgova E.V. Ob analize dannyh na osnove kosinusnogo preobrazovanija // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2015. – № 1 (198). – Vyp. 33/1. – S. 68–73.

3. Черноморец А.А., Болгова Е.В., Черноморец Д.А. Обобщенный субполосный анализ на основе унитарных преобразований // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2015. – № 7 (204). – Вып. 34/1. – С. 146–151.
Chernomorets A.A., Bolgova E.V., Chernomorets D.A. Obobshhennyj subpolosnyj analiz na osnove unitarnyh preobrazovanij // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. – 2015. – № 7 (204). – Vyp. 34/1. – S. 146–151.

4. Черноморец А.А., Болгова Е.В., Черноморец Д.А., Коваленко А.Н. Метод прогнозирования на основе частотных представлений // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2015. – № 13 (210). – Вып. 35/1. – С. 164–169.
Chernomorets A.A., Bolgova E.V., Chernomorets D.A., Kovalenko A.N. Metod prognozirovanija na osnove chastotnyh predstavlenij // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. – 2015. – № 13 (210). – Vyp. 35/1. – S. 164–169.

5. Черноморец А.А., Волчков В.П. О свойствах квазисубполосных и G-субполосных матриц // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2012. – № 1 (120). – Вып. 21/1. – С. 127–134.
Chernomorets A.A., Volchkov V.P. O svojstvah kvazisubpolosnyh i G-subpolosnyh matric // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2012. – № 1 (120). – Vyp. 21/1. – S. 127–134.

6. Черноморец А.А., Иванов О.Н. Метод анализа распределения энергий изображений по заданным частотным интервалам // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2010. – № 19 (90). – Вып. 16/1. – С. 161–166.
Chernomorets A.A., Ivanov O.N. Metod analiza raspredelenija jenergij izobrazhenij po zadannym chastotnym intervalam // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2010. – № 19 (90). – Vyp. 16/1. – S. 161–166.

7. Черноморец А.А., Голощапова В.А., Лысенко И.В., Болгова Е.В. О частотной концентрации энергии изображений // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2011. – № 1 (96). – Вып. 17/1. – С. 146–151.
Chernomorets A.A., Goloshhapova V.A., Lysenko I.V., Bolgova E.V. O chastotnoj koncentracii jenergii izobrazhenij // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2011. – № 1 (96). – Vyp. 17/1. – S. 146–151.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.822

ФОРМАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОСВЯЗИ УФО-ПОДХОДА И ЯЗЫКА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ RDF

THE FORMAL ASPECTS OF INTERRELATION BETWEEN UFO APPROACH AND RDF LANGUAGE OF ONTOLOGY REPRESENTATION

А.А. Кондратенко, С.И. Маторин
A.A. Kondratenko, S.I. Matorin

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

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

E-mail: a.kondratenko-sl@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена развитию идеи построения онтологий на основе УФО-моделей предметных областей. Формулируется классификация фактов, извлечение которых из УФО-модели, необходимо в целях построения основы онтологии. С учетом данной классификации разрабатывается формальное обоснование и правила извлечения данных из УФО-модели. Для каждой группы фактов из классификации приводится формализованное описание на основе одного или сочетания нескольких средств формализации УФО-моделей, таких как теория паттернов Гренандера и исчисление процессов Милнера. Обосновывается возможность преобразования УФО-моделей в онтологии, представленные на языке RDF.

Resume. The development of existing methodologies and approaches to building ontologies and creation some new, more effective ones is one of the most actual themes in ontology engineering now. The article is devoted to the evolution of idea about building ontologies on the base of UFO domain models. The detailed classification of the facts, which are extracted from UFO domain models, is formulated. On the base of this classification the formal basis and rules of data extracting from UFO model are developed. Each group in extracted facts classification is formalized by one or by combination of approaches like Grenander's pattern theory, Milner's calculus of communicating systems (CSS). The possibility of transformation UFO domain models into formalized by RDF ontologies are proved.

Ключевые слова: УФО-подход, системно-объектный подход, онтология, онтологический инжиниринг, RDF.

Keywords: UFO approach, ontology, ontology engineering, RDF.

Создание новых эффективных методов, подходов и средств построения онтологий предметных областей – это одна из самых сложных и важных задач, стоящих перед исследователями и разработчиками в области онтологического инжиниринга. Значительное число работ российских и зарубежных ученых и специалистов в данной сфере посвящено именно разработке комплексных подходов и отдельных приемов, средств и инструментов создания онтологий, позволяющих при наименьших затратах получить максимально точный, полный и пригодный для использования в прикладных информационных системах результат – онтологии предметных областей.

Авторами также разрабатывается оригинальный подход к процессу построения онтологий [Слободюк и др., 2013; Слободюк, Маторин, 2013; Слободюк, Маторин, 2014], основой которого являются базовые понятия, принципы и методы подхода «Узел–Функция–Объект» (УФО-подхода) и результаты проведения УФО-анализа предметных областей. Основной гипотезой нового подхода является извлечение по некоторому заданному набору правил фактов, характеризующих предметную область из соответствующей УФО-модели, их формальное представление с помощью специализированных языков описания онтологий и использование полученных конструкций в качестве основы для непосредственного создания онтологии предметной области. В связи с этим представляется необходимым рассмотреть взаимосвязь существующих средств формального представления онтологий предметных областей и формального аппарата УФО-подхода.

Помимо неформального, вербального представления онтологий, учеными разработано множество средств формального описания онтологий с использованием специализированных языков: RDF, DAML+OIL, OWL, OCML, LOOM и ряда других. Наиболее широкое распространение получил OWL (Web Ontology Language) – язык для определения и представления веб-онтологий [OWL Web Ontology Language, 2015]. OWL позволяет группировать информацию в онтологии и представлять ее в качестве документов. В дальнейшем с помощью специализированного инструментария может

быть проведена обработка таких документов, что позволяет извлечь информацию, заложенную в онтологии.

Исходным синтаксисом обмена, базисом для OWL является RDF. RDF (ResourceDescriptionFramework) – это универсальный язык для представления знаний в Сети**.** Он позволяет представлять знания в самом общем виде, при этом являясь «универсальным средством для обмена данными между разными программами» [Segaran et al., 2009; Hebeler et al., 2009]. В основе RDF лежит представление фактов в качестве триплетов вида «Субъект – Отношение (предикат) – Объект». RDF поддерживает несколько нотаций, среди которых наиболее распространенными являются:

- Turtle – компактный, удобный для восприятия человеком формат.
- N-Triples – простой, в том числе для машинного чтения, «линейный» формат записи; представляется менее компактным по сравнению с Turtle.
- N-Quads – представляет собой расширение N-Triples для сериализации множественных графов.
- JSON-LD – формат сериализации данных RDF, основанный на формате JSON.
- Notation3, или сокращенно N3 – формат, схожий с Turtle, но обладающий некоторыми дополнительными возможностями, такими как возможность описания правил вывода.
- RDF/XML – первый формат для сериализации RDF, основанный на синтаксисе XML.

Поскольку RDF является базисом для некоторых других, более специализированных для онтологий языков типа OWL, в контексте задачи разработки нового метода построения онтологий, основанного на принципах и средствах УФО-анализа, целесообразно рассмотреть связь средств формализации УФО-подхода именно с RDF.

В работе [Слободюк и др., 2013] приводятся результаты сравнительного анализа основных принципов представления данных в УФО-подходе (средствах его формализации) и языке RDF. Полученные результаты позволяют утверждать, что УФО-модель предметной области может быть представлена с помощью языка RDF. Для более детального и всестороннего обоснования данного утверждения необходимо рассмотреть конкретные составляющие (шаги) процесса представления УФО-модели на языке RDF.

Поскольку язык RDF оперирует триплетами вида «Субъект – Отношение (предикат) – Объект», необходимо определить в аналогичном виде набор фактов (сведений) о предметной области, содержащихся в УФО-модели и подлежащих извлечению из нее. Для систематизации разновидностей таких фактов применяется классификация фактов, предложенная в [Слободюк, 2014]. В данной классификации выделены следующие группы фактов:

I. На уровне УФО-элемента

На рис. 1 приведена схема, иллюстрирующая принцип формирования данной группы фактов.

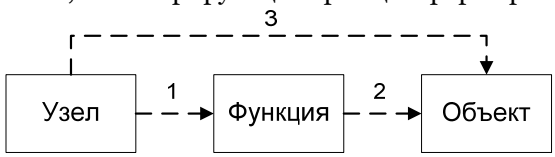


Рис. 1. I группа фактов, извлекаемых из УФО-модели
Fig. 1. The first group of facts which are extracted from UFO domain model

1. Узел балансируется Функцией.
2. Функция реализуется с помощью Объекта.
3. Узел занят Объектом.

I(inv). На уровне УФО-элемента

Рис. 2 отражает схему получения фактов данной группы.

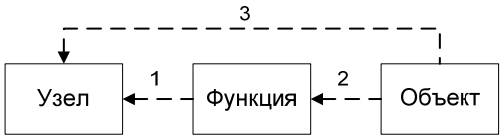


Рис. 2. I(inv) группа фактов, извлекаемых из УФО-модели
Fig. 2. The fisrt-inverted group of facts which are extracted from UFO domain model

1. Функция балансирует Узел.
2. Объект реализует Функцию.
3. Объект занимает Узел.

II. На уровне Узла

На рис. 3 приведена схема, характеризующая данную группу фактов.

Рис. 3. II группа фактов, извлекаемых из УФО-модели
Fig. 3. The second group of facts which are extracted from UFO domain model

Обозначим k? - количество входящих связей Узла, k! - количество исходящих Связей, t? – количество различных типов входящих Связей, t! – количество различных типов исходящих Связей. Тогда:

1. (Для каждого m=1..t?) Узел имеет входящую Связь (порт) класса β_m.
2. (Для каждого m=1..t!) Узел имеет исходящую Связь (порт) класса β_m.
3. (Для каждого m=1..k?) Узел имеет входящую Связь L_m?
4. (Для каждого m=1..k!) Узел имеет исходящую Связь L_m!
5. (Для каждого m=1..k?) Связь L_m? принадлежит классу β_j, причем . $j \in (1..t?)$
6. (Для каждого m=1..k!) Связь L_m! принадлежит классу β_j, причем $j \in (1..t!)$.

III. На уровне Функции

1. (Для каждого m=1..k?) Функция преобразует вход L_m?
2. (Для каждого m=1..k!) Функция выдает выход L_m!

IV. На уровне Объекта

Обозначим q - количество признаков (атрибутов) Объекта. Тогда
(для каждого m=1..q) Объект обладает признаком α_m.

V. На уровне связей между двумя УФО-элементами

Рис. 4 иллюстрирует схему получения фактов данной группы.

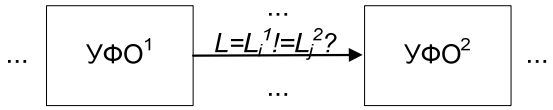


Рис. 4. V группа фактов, извлекаемых из УФО-модели
Fig.4. The fifth group of facts which are extracted from UFO domain model

Обозначим h – количество связей между УФО-элементами УФО[1] и УФО[2]. Тогда
(для каждого m=1..h) УФО[1] передает L УФО[2]

V(inv). На уровне связей между двумя УФО-элементами

Принцип формирования данной группы фактов проиллюстрирован на рис. 4:
(для каждого m=1..h) УФО[2] получает L от УФО[1].

VI. На уровне декомпозиции УФО-элемента

Если УФО-элемент УФО[1]может быть декомпозирован, то есть представлен в виде комбинации УФО-элементов УФО[2]...УФО[n], то:
УФО[1] имеет в качестве части УФО[n].

VII. На уровне агрегации УФО-элементов

С учетом вышеприведенных положений:
УФО[n] является частью УФО[1].

Чтобы извлечь указанные факты из УФО-модели, требуется иметь ее формализованное представление и соответствующие правила извлечения. В литературе встречаются подходы к формализации УФО-подхода, использующие как отдельные алгебраические средства (теория паттернов

Гренандера, исчисление процессов Милнера, исчисление объектов и другие), так и их сочетание [Жихарев, 2013]. Каждый из таких математических аппаратов успешно используется для формализации отдельного аспекта УФО-подхода, причем выбор осуществляется в зависимости от поставленных задач.

В случае с задачей извлечения и формальной записи фактов о предметной области из УФО-модели требуется иметь математический аппарат, позволяющий формально описать все извлекаемые факты. Очевидно, что для отражения фактов всех групп, за исключением группы III (на уровне Функции), может использоваться с теми или иными допущениями теория паттернов Гренандера [Grenander, 1979]. Для того чтобы учесть также и группу III, можно воспользоваться способом формализации, предложенным в работе [Зимовец, 2012].

Рассмотрим способ формализации [Зимовец, 2012] в контексте задачи извлечения фактов о предметной области из УФО-моделей. Авторы указанной работы представляют систему (УФО-элемент) в виде кортежа:

$$e =< U, F, O >, \tag{1}$$

где U – Узел, F – Функция, O – Объект соответственно.
Такое представление позволяет в удобной форме хранить и извлекать из формального представления УФО-модели факты из группы I.

Каждый элемент приведенного ранее кортежа может быть детализирован. В частности, Узел можно представить в виде выражения:

$$U = (L?, L!), \tag{2}$$

где $L?$ – множество входящих связей; $L!$ – множество исходящих связей.

Подобная форма записи позволяет учитывать факты 3 и 4 из группы II. Действительно, в данном случае подразумевается, что $L?$ и $L!$ – это множества (совокупности) входящих и исходящих связей соответственно. Иными словами, если у узла имеется $k?$ входящих и $k!$ исходящих связей, то:

$$\begin{aligned} &\forall m = 1..k? : L_m? \subset L?, \\ &\forall m = 1..k!: L_m! \subset L! \end{aligned}. \tag{3}$$

Значит, содержащуюся в формальном представлении УФО-модели информацию об элементах множеств $L?$ и $L!$ можно в дальнейшем преобразовать в факты вида «Узел имеет входящую связь $L_m?$»и «Узел имеет исходящую связь $L_m!$».

Для учета фактов групп I и I(inv) также требуется использование идентификатора (имени) узла. В большинстве частных случаев имена Узла и Объекта совпадают, однако в общем случае будем учитывать имя Узла отдельно, обозначая его символом u и включая в формальное представление Узла:

$$U = (u, L?, L!). \tag{4}$$

Второй элемент кортежа, представляющего УФО-элемент, - Функцию – авторы работы [Зимовец, 2012] также представляют в детализированном виде, используя понятия, аналогичные терминам исчисления процессов Милнера (CCS). В контексте решаемой задачи наибольший интерес представляет возможность извлечения из формальной записи фактов группы III, куда входят факты вида «Функция преобразует вход $L_m?$»и «Функция выдает выход $L_m!$». Соответственно, для этого не требуется детализированное формальное представление Функции как составляющей УФО-элемента; достаточно ее имени (содержания), которую будем представлять в формальной записи литерой F.

Для описания Объекта как составляющей УФО-элемента используются понятия теории паттернов. При этом вводится следующее представление Объекта:

$$O = (n, \alpha, \beta?, \beta!), \tag{5}$$

где n – имя Объекта;
α – множество признаков Объекта;
$\beta?$ – множество показателей множества входящих связей $L?$;
$\beta!$ – множество показателей множества исходящих связей $L!$.

В рассматриваемом контексте примем в качестве показателей связей их класс – вещественные связи, энергетические связи, связи по управлению и связи по данным [Маторин и др., 2005]. Соответственно, для каждой связи из множеств $L?$ и $L!$ в формальной записи УФО-модели присутствуют записи «Узел имеет связь класса $\beta?_i$» и «Узел имеет связь класса $\beta!_j$» соответственно, что соответствует фактам 1 и 2 из группы II.

С учетом приведенных положений общую запись УФО-элемента можно представить следующим образом:

$$e =< (L?, L!), F, (n, \alpha, \beta?, \beta!) > \tag{6}$$

При этом подобного формального представления УФО-элемента достаточно для извлечения фактов групп I, I(inv), II, III и IV.

В целях представления фактов наличия связей между УФО-элементами (группа V) необходимо дополнить указанное представление УФО-элементов. В частности, предлагается дополнительно составлять матрицы, позволяющие наглядно отразить факт наличия той или иной связи в УФО-модели. Возможно несколько вариантов записи таких матриц. Например, в общем случае матрицу связей для i-го УФО-элемента с *k?* входных связей и *k!* выходных связей можно представить следующим образом:

$$\begin{matrix} L_1^i\,? & 0 \\ L_2^i\,? & L_m^j! \\ \dots & \dots \\ L_{k?}^i\,? & 0 \\ L_1^i! & 0 \\ L_2^i! & 0 \\ \dots & \dots \\ L_{k!}^i! & L_m^j\,? \end{matrix}, \qquad (7)$$

где $L_m^j!$ и $L_m^j\,?$ - это некоторые входная и выходная связи j-го УФО-элемента, с которым связан рассматриваемый i-й УФО-элемент. В указанной матрице в строках перечисляются все входные и выходные связи УФО-элемента, а напротив них проставляется обозначение равнозначной связи связанного УФО-элемента. То есть связи, имеющие значение во втором столбце матрицы, являются связью (потоком) между двумя УФО-элементами. Соответственно, на основании подобных матриц из формальной записи УФО-модели можно извлечь факты групп V и V(inv), характеризующие наличие связей между УФО-элементами.

Более универсальным способом является создание матрицы размером NxM элементов, отражающей все существующие на данном уровне УФО-модели взаимосвязи между элементами. При этом:

$$N = \sum_{i=1}^{n} k^i\,?, \qquad (8)$$

где n – число УФО-элементов на данном уровне модели (уровне декомпозиции исходного элемента, отражающего систему в целом),
$k^i?$ – число входящих связей каждого из таких элементов.

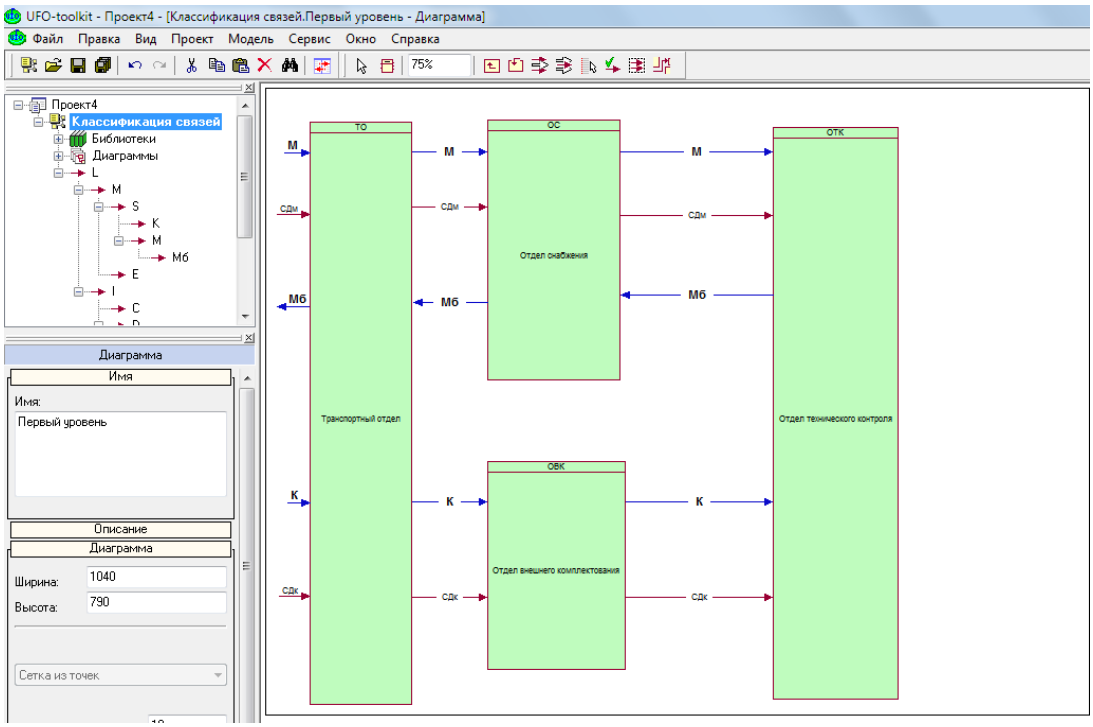


Рис. 5. Пример связей между УФО-элементами одного уровня
Fig. 5. The example of links between UFO elements on the same level

Аналогично:

$$M = \sum_{i=1}^{n} k^i!\,, \tag{9}$$

где n – число УФО-элементов на данном уровне модели (уровне декомпозиции исходного элемента, отражающего систему в целом),
$k^i!$– число исходящих связей каждого из таких элементов.

Соответственно, в качестве строк такой матрицы выступают входящие связи всех УФО-элементов рассматриваемого уровня модели, а в качестве столбцов – все исходящие связи. На пересечении строки и столбца проставляется значение «1» в случае, когда входящая связь соединяется (является одноименной) с соответствующей исходящей связью, и «0» – в противном случае. Рассмотрим пример – УФО-модель, в которой используется прикладная (модифицированная базовая) классификация связей. Фрагмент этой модели показан на рисунке 5.

Матрица связей в данном случае будет выглядеть следующим образом:

	$М^{ТО}!$	$СДм^{ТО}!$	$К^{ТО}!$	$СДк^{ТО}!$	$Мб^{ТО}!$	$Мб^{ОС}!$	$СДм^{ОС}!$	$М^{ОС}!$	$К^{ОВК}!$	$СДк^{ОВК}!$	$Мб^{ОТК}!$
$М^{ТО}$?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$СДм^{ТО}$?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$К^{ТО}$?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$СДк^{ТО}$?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Мб^{ТО}$?	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$М^{ОС}$?	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$СДм^{ОС}$?	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Мб^{ОС}$?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$К^{ОВК}$?	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$СДк^{ОВК}$?	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$М^{ОТК}$?	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$СДм^{ОТК}$?	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$К^{ОТК}$?	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$СДк^{ОТК}$?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

(10)

Однако при использовании подобного подхода представляется затруднительным установление сведений о количестве и характере связей между конкретными двумя УФО-элементами в модели. Поэтому в отдельных случаях может использоваться другой подход для формальной записи связей между УФО-элементами – составление нескольких матриц, характеризующих связи между двумя отдельно взятыми УФО-элементами одного уровня. Размерность каждой матрицы может быть определена как NxM, причем:

$$\begin{aligned} N &= k^i\,? + k^i!, \\ M &= k^j\,? + k^j! \end{aligned}, \tag{11}$$

где $k^i?$ и $k^j?$– число входящих связей i-го и j-го УФО-элементов, $k^i!$ и $k^j!$ – число исходящих связей i-гои j-го УФО-элементов соответственно. То есть в качестве строк подставляются все (сначала входящие, затем исходящие) связи i-го УФО-элемента, а в качестве столбцов – все связи j-го УФО-элемента в аналогичном порядке.

К примеру, рассмотрим уровень УФО-модели, на котором расположены три взаимосвязанных УФО-элемента (рисунок 6).

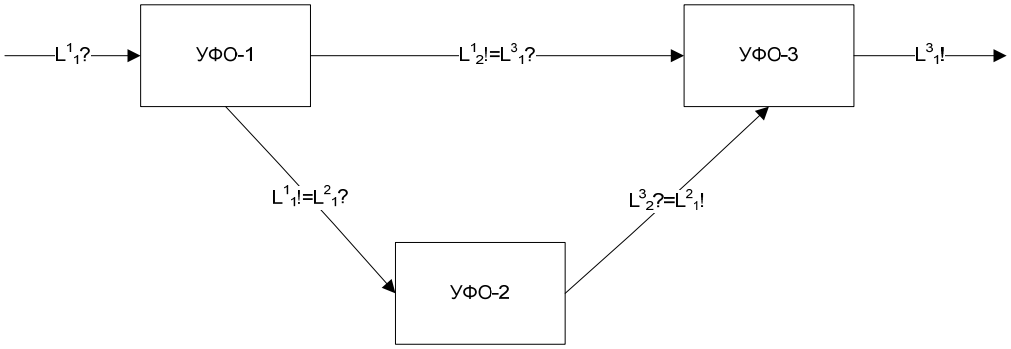


Рис. 6. Пример фрагмента УФО-модели
Fig. 6. Example of UFO domain model fragment

Для элементов УФО-1 и УФО-2, изображенных на рисунке 6, описанная выше матрица будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{array}{c|cc} & L_1^2? & L_1^2! \\ \hline L_1^1? & 0 & 0 \\ L_1^1! & 1 & 0 \\ L_2^1! & 0 & 0 \end{array}. \qquad (12)$$

К достоинствам данного подхода можно отнести то, что из подобных матриц легко установить количество связей между двумя конкретными УФО-элементами. Недостатком, очевидно, является необходимость составления нескольких матриц. В частности, в случае, если на одном уровне модели расположено n взаимосвязанных УФО-элементов, понадобится составление C матриц, где:

$$C = \frac{n!}{2 \cdot (n-2)!}. \qquad (13)$$

Исходя из предположения о том, что среднее количество элементов на одном уровне, при котором модель является удобной для восприятия, равно 5, необходимо построение 10 матриц. Если же на одном уровне в модели расположены 6 элементов, число матриц возрастает до 15. Поэтому в общем случае предлагается пользоваться первым, более универсальным и компактным вариантом представления матрицы связей.

Для описания групп фактов VI и VII требуется более сложный и детальный способ формализации. Поскольку УФО-модель предметной области строится по нисходящему принципу, то есть от контекстного уровня до нужной степени декомпозиции, предлагается первоначально рассматривать процесс декомпозиции УФО-элементов.

Вопросы формализации декомпозиции при построении УФО-моделей частично затрагиваются в работе [Зимовец, 2012]. Однако авторами рассмотрен только частный случай – интерфейсная декомпозиция. В целях извлечения фактов о предметной области необходимо рассматривать декомпозицию УФО-элемента в более общем смысле, учитывая возможные варианты внутренних взаимосвязей УФО-элементов на уровне декомпозиции.

Если в рассматриваемой УФО-модели тот или иной УФО-элемент имеет декомпозицию, значит, он может быть представлен совокупностью взаимосвязанных УФО-элементов нижестоящего уровня. Для записи соответствующего факта при извлечении его из УФО-модели предлагается ввести особый предикат (тип отношения) – «является частью». Все УФО-элементы нижестоящего уровня фактически «являются частью» декомпозируемого УФО-элемента. Схематично это можно представить следующим образом (рисунок 7).

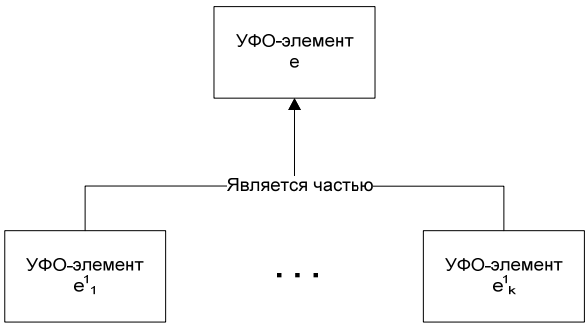


Рис. 7. Схема представления факта наличия декомпозиции УФО-элемента
Fig.7. Scheme of the representation of the fact about UFO element decomposition

В целях выявления фактов о «дочерних» УФО-элементах рассмотрим подробнее «Функцию» декомпозируемого УФО-элемента, поскольку декомпозиция является некоторым представлением его внутренней функциональной структуры в виде совокупности взаимосвязанных подсистем (УФО-элементов) со своими функциями. Для этого воспользуемся формальным представлением функции УФО-элемента, приведенным в работе [Зимовец, 2012]:

$$F = (S, S^0, L_\tau), \qquad (14)$$

где S – множество подпроцессов процесса, соответствующего «Функции», которые реализуются элементами первого уровня декомпозиции, $S^0 \subset S$ - множество интерфейсных подпроцессов, $L_\tau \subset L^{-1}$ - множество связей в S, осуществляющих передачу элементов глубинного яруса связанных подпроцессов.

Поскольку при записи фактов мы оперируем терминами предметной области, введем в выражение «Функции» УФО-элемента еще одну составляющую – непосредственно имя (обозначение) функции, которое будем также обозначать через *F*.

Множество *S* в общем виде можно выразить как:

$$S = \bigcup_{m=1}^{k} S_m^{-1}, \tag{15}$$

где *k* – число подпроцессов, на которые декомпозируется функция (процесс) УФО-элемента, а S_k^{-1} - собственно такой подпроцесс.

В свою очередь, S^0 можно представить выражением вида:

$$S^0 = S? \cup S! = (\bigcup_{m=1}^{h} S_h^{-1}?) \cup (\bigcup_{m=1}^{l} S_l^{-1}!), \tag{16}$$

где *h* – число входных интерфейсных подпроцессов, *l* – число выходных интерфейсных подпроцессов, а $S_h^{-1}?$ и $S_l^{-1}!$ - соответственно сами такие подпроцессы.

В контексте записи фактов о предметной области в качестве подпроцессов, обозначаемых символами *S,* будем использовать «Функции» соответствующих УФО-элементов нижнего уровня (уровня декомпозиции). В формуле также для наглядности заменим символы *S,* обозначающие подпроцессы, на *F* – имена их функций. Для формального представления множества L_τ внутренних связей необходимо рассмотреть матрицу связей первого уровня декомпозиции, поскольку $L_\tau \subset L^{-1}$. Внутренними связями можно считать множество связей:

$$L_\tau = L^{-1} \setminus (L^{-1}? \cup L^{-1}!), \tag{17}$$

где $L^{-1}? \cup L^{-1}!$ - множество интерфейсных связей.

Таким образом, «функцию» декомпозируемого УФО-элемента в общем виде можно представить с помощью выражения:

$$F = (F, \quad \bigcup_{m=1}^{k} F_m^{-1}, \quad (\bigcup_{m=1}^{h} F_h^{-1}?) \cup (\bigcup_{m=1}^{l} F_l^{-1}!), \quad L^{-1} \setminus (L^{-1}? \cup L^{-1}!)). \tag{18}$$

Правая часть данного равенства и представляет собой характеристику сущности «Декомпозиция» (Decomposition), вводимую для записи фактов о предметной области. Отметим, что последняя составляющая данного выражения будет учтена в момент характеристики связей между УФО-элементами на уровне декомпозиции. Поэтому при записи того факта, что УФО-элемент может быть декомпозирован, нет необходимости дублировать такие факты.

Таким образом, сведения о наличии в УФО-модели декомпозиции УФО-элемента на несколько других взаимосвязанных УФО-элементов могут быть представлены в виде множества фактов, характеризующих отношение «целое–часть» между декомпозируемым УФО-элементом и каждым из УФО-элементов на уровне декомпозиции. Выражение (18) позволяет формализовать представление фактов групп VI и VII классификации, характеризующих декомпозицию и агрегацию УФО-элементов модели.

Систематизируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что формальные средства представления УФО-моделей позволяют извлекать из них определенные сведения в виде набора фактов, необходимых для построения онтологии предметной области средствами языка RDF.

Список литературы
References

1. Слободюк А.А., Маторин С.И., Четвериков С.Н. О подходе к созданию онтологий на основе системно-объектных моделей предметной области. // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. - № 22 (165) 2013, Выпуск 28/1. – С. 186–195.

Slobodjuk A.A., Matorin S.I., Chetverikov S.N. O podhode k sozdaniju ontologij na osnove sistemno-ob#ektnyh modelej predmetnoj oblasti. // Nauchnye vedomosti BelGU. Serija Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2013. - № 22 (165) 2013, Vypusk 28/1. – S. 186–195.

2. Слободюк, А.А. Маторин, С.И. О возможности извлечения фактов из УФО-моделей и представлении их с помощью RDF. //Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIV международной конференции, Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.: в 3 т. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2014. – С. 269–273.

Slobodjuk, A.A. Matorin, S.I. O vozmozhnosti izvlechenija faktov iz UFO-modelej i predstavlenii ih s pomoshh'ju RDF. //Informatika: problemy, metodologija, tehnologii: materialy XIV mezhdunarodnoj konferencii, Voronezh, 6–8 fevralja 2014 g.: v 3 t. – Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014. – S. 269–273.

3. Слободюк, А.А., Маторин, С.И. О применении УФО-подхода для построения онтологий предметных областей // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIII международной кон-

ференции, Воронеж, 7–8 февраля 2013 г. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013.

Slobodjuk, A.A., Matorin, S.I. O primenenii UFO-podhoda dlja postroenija ontologij predmetnyh oblastej // Informatika: problemy, metodologija, tehnologii: materialy HIII mezhdunarodnoj konferencii, Voronezh, 7–8 fevralja 2013 g. – Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013.

4. OWL Web Ontology Language. Reference. W3C Recommendation : W3C, 10 February 2004, URL: http://www.w3.org/TR/owl-ref/.

5. Toby Segaran, Colin Evans, Jamie Taylor Programming the Semantic Web. — O'Reilly Media, 2009. — 302 c.

6. John Hebeler, Matthew Fisher, Ryan Blace, Andrew Perez-Lopez Semantic Web Programming. — John Wiley & Sons, 2009. — 648 c.

7. Слободюк, А.А. Расширенная классификация фактов, извлекаемых из УФО-модели в целях построения онтологии предметной области. // Шестая международная научно-техническая конференция «Инфокоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании» (Инфоком-6): сборник научных трудов, Ставрополь, 21-27 апреля 2014 г.: часть II. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. – С. 404–406.

Slobodjuk, A.A. Rasshirennaja klassifikacija faktov, izvlekaemyh iz UFO-modeli v celjah postroenija ontologii predmetnoj oblasti. // Shestaja mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Infokommunikacionnye tehnologii v nauke, proizvodstve i obrazovanii» (Infokom-6): sbornik nauchnyh trudov, Stavropol', 21–27 aprelja 2014 g.: chast' II. – Stavropol': Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet, 2014. – S. 404–406.

8. Жихарев, А.Г. Формализованное графоаналитическое представление организационных знаний : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.17 / Жихарев Александр Геннадиевич; [Место защиты: Белгород.гос. нац. исслед. ун-т]. - Белгород, 2013. - 22 с.

Zhiharev, A.G. Formalizovannoe grafoanaliticheskoe predstavlenie organizacionnyh znanij : avtoreferat dis. ... kandidata tehnicheskih nauk : 05.13.17 / Zhiharev Aleksandr Gennadievich; [Mesto zashhity: Belgorod.gos. nac. issled. un-t]. - Belgorod, 2013. – 22 s.

9. Гренандер, У. Лекции по теории образов. 1. Синтез образов / пер. с англ. М.: Мир, 1979. — 384 с.

Grenander, U. Lekcii po teorii obrazov. 1. Sintez obrazov / per. s angl. M.: Mir, 1979. — 384 s.

10. Зимовец, О.А. Интеграция средств формализации графоаналитических моделей «Узел-Функция-Объект» / О.А. Зимовец, С.И. Маторин ; НИУ БелГУ // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2012. - № 1. С. 95–102.

Zimovec, O.A. Integracija sredstv formalizacii grafoanaliticheskih modelej «Uzel-Funkcija-Ob'ekt» / O.A. Zimovec, S.I. Matorin ; NIU BelGU // Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij. - 2012. - № 1. S. 95–102.

11. Маторин С.И., Попов А.С., Маторин В.С. Моделирование организационных систем в свете нового подхода «Узел-Функция-Объект» // НТИ. Сер.2. – 2005. – N1. – С. 1–8.

Matorin S.I., Popov A.S., Matorin V.S. Modelirovanie organizacionnyh sistem v svete novogo podhoda «Uzel-Funkcija-Ob'ekt» // NTI. Ser.2. – 2005. – N1. – S. 1–8.

УДК 004.021

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В АЛГОРИТМЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ МНОГОКОНТУРНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

DEFINITION OF TIME OF DECISION-MAKING IN ALGORITHM OF MANAGEMENT OF SYSTEM OF MULTIPLE LOOP HEAT SUPPLY

С.С. Федоров
S.S. Fedorov

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

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

e-mail: ssfedorov@list.ru

Аннотация. В предлагаемой статье рассмотрен алгоритм управления системой многоконтурного теплоснабжения зданий и сооружений при зависимом присоединении к источнику тепла. Полученный алгоритм позволяет перераспределять тепловую энергию по контурам, в зависимости от текущей температуры на конкретном контуре, что дает возможность оптимизировать затраты высокостоимостного теплоносителя и эффективнее поддерживать заданную температуру в отапливаемых помещениях. Представлена в общем виде блок-схема проанализированного алгоритма. Определен интервал времени принятия решения по перераспределению тепловых потоков в системе теплоснабжения. По результатам проведенного анализа получены границы исследуемых интервалов времени. Построен график зависимости времени принятия решения от параметров системы.

Resume. In the offered article the algorithm of management of system of multiple loop heat supply of buildings and constructions at dependent accession to heat source is considered. The received algorithm allows to redistribute thermal energy on contours, depending on the current temperature on a concrete contour that gives the chance to optimize expenses of the high-cost heat carrier and more effectively to maintain the given temperature in the heated rooms the flowchart of the analysed algorithm Is presented in a general view. The decision-making time slice is determined by redistribution of heat fluxes in system of heat supply. By results of the carried-out analysis borders of the studied time slices are received. The schedule of dependence of time of decision-making on parameters of system is constructed.

Ключевые слова: система управление, алгоритм, математическая модель, ресурсосбережение, принятие решения.
Keywords: system management, algorithm, mathematical model, resource-saving, decision-making.

Введение

Реализация Государственных программ РФ в области энергосбережения и повышение энергетической эффективности требует разработки и внедрения методов оптимального управления [1-2] тепловыми потоками в системах теплоснабжения. Одним из вариантов повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения (СТ) является разделение на отдельные контуры [3]. Многоконтурная система позволяет снизить затраты энергоресурсов на отопление объектов и повысить комфортные условия для человека за счет учета возмущающих воздействий (температура наружного и внутреннего воздуха, ветер, солнечная активность) и регулирования параметров теплоносителя на каждом контуре. Повышение показателей энергетической эффективности приводит к увеличению срока службы зданий и сооружений [4–5].

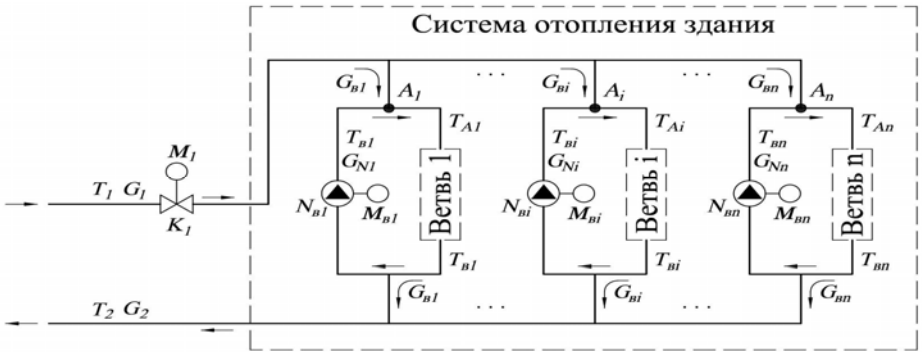


Рис. 1. Принципиальная схема системы многоконтурного теплоснабжения при зависимом подключении к источнику тепла
Fig. 1. The key diagram of system of multiple loop heat supply at dependent connection to heat source

Структура теплоснабжения любого здания или сооружения (группы зданий или сооружений) может быть представлена, как многоконтурная система (рис. 1), где каждая из ветвей в свою очередь может являться аналогичной самостоятельной, в том числе и многоконтурной системой. То есть мы имеем дело с иерархической структурой с аналогичной системой управления на каждом из уровней, что требует построения единого алгоритма управления на каждом из уровней системы.

В общем случае разделение на отдельные контуры обусловлено назначением, геофизическим расположение, архитектурной формой и другими физико-техническими характеристиками объекта теплоснабжения.

Интерес вызывают наиболее распространенные системы управления (СУ) процессом теплоснабжения объектов, подключенные по зависимой схеме к источнику тепла, где при разделении каждый контур (ветвь) может соответствовать заданному наружному фасаду.

Алгоритм управления такими системами разработанный в работе [6], представлен на рис. 2.

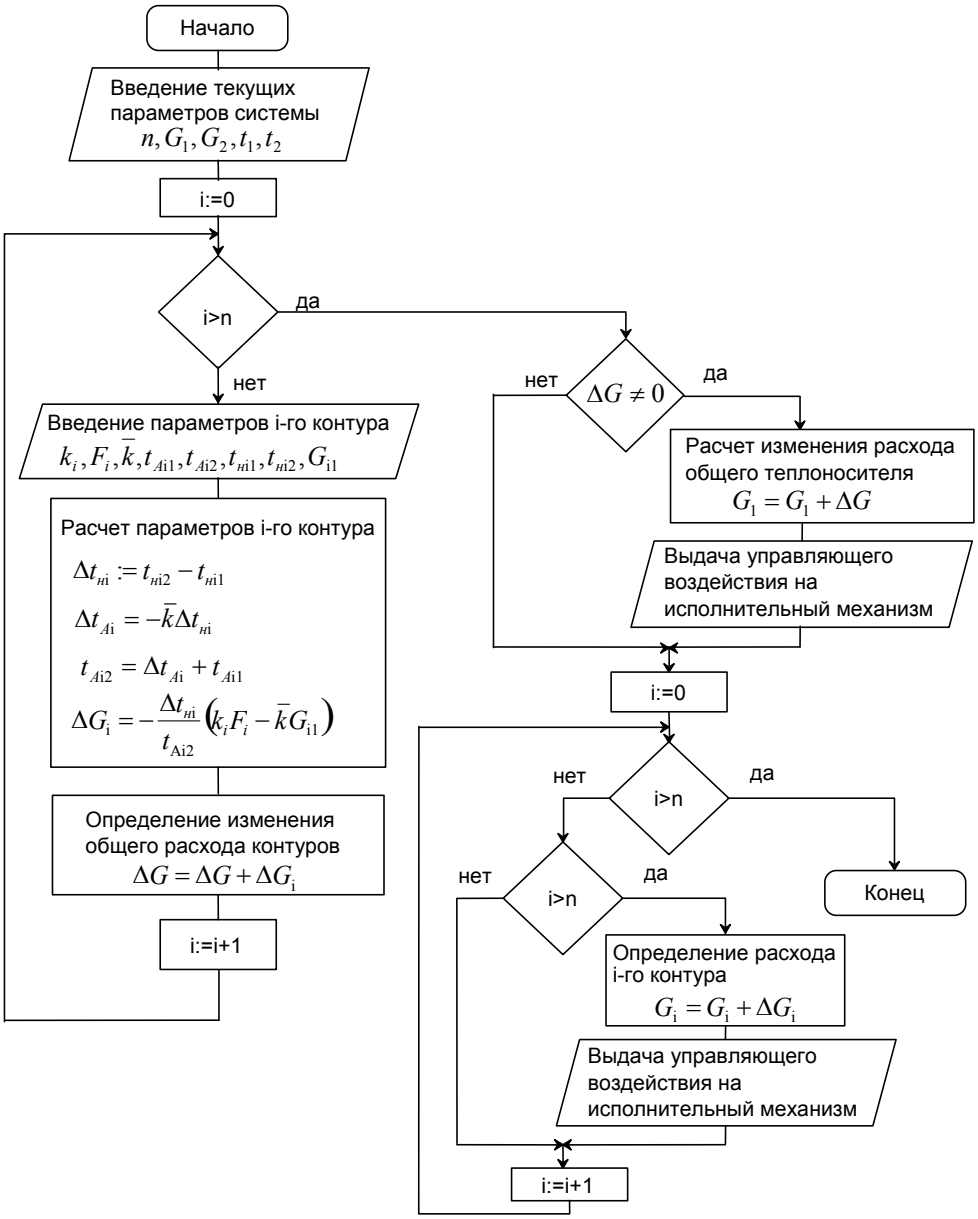


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления системой многоконтурного теплоснабжения при зависимом подключении к источнику тепла
Fig. 2. Flowchart of algorithm of management of system of multiple loop heat supply at dependent connection to heat source

Данный алгоритм управления включает в себя четыре этапа. На первом этапе происходит мониторинг состояния наружных температур на каждом контуре. На втором этапе рассчитывается изменение расхода теплоносителя на i-м контуре и суммарное общее изменение расхода теплоносителя, проходящего через главный исполнительный механизм. На третьем этапе формируется и вы-

дается управляющее воздействие на главный исполнительный механизм. На четвертом этапе формируется и выдается управляющее воздействие на i-й исполнительный механизм. В общем виде блок-схема выше указанного алгоритма представлена на (рис. 3).

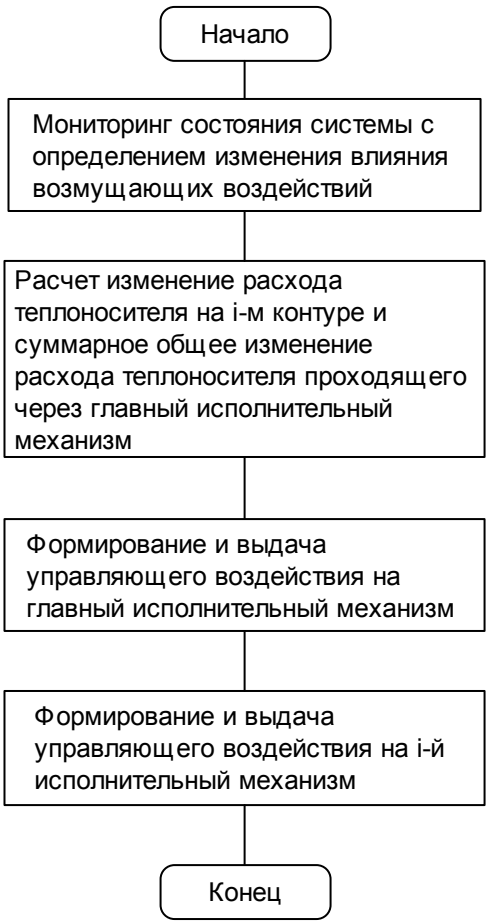


Рис. 3. Общий вид блок-схемы алгоритма управления системой многоконтурного теплоснабжения
Fig. 3. General view of the flowchart of algorithm of management of system of multiple loop heat supply

Разработанный алгоритм управления дает возможность перераспределять тепловую энергию по контурам в зависимости от текущей температуры на конкретном контуре, что позволяет оптимизировать затраты высокостоимостного теплоносителя и эффективнее поддерживать заданную температуру в отапливаемых помещениях.

Для реализации полученного алгоритма на реальных СУ теплоснабжением зданий необходимо определить интервал времени, через который будет запускаться мониторинг системы (контроль наружных температур на каждом контуре).

В работе [7] была получена формула, характеризующая температуру теплоносителя, подаваемого в i-й контур (ветвь или фасад):

$$t_A = t_k\left(1 - e^{-\frac{\tau-\tau_з}{T}}\right) + t_1 e^{-\frac{\tau-\tau_з}{T}}, \qquad (1)$$

где t_A, t_k, t_1 – соответственно температура теплоносителя подаваемого в систему отопления i-й контура, температура внутреннего воздуха отапливаемого помещения в i-м контуре, температура теплоносителя, проходящего через главный исполнительный механизм, $°C$; τ – время, с; $\tau_з$ – время чистого запаздывания, с; T – постоянная времени системы многоконтурного теплоснабжения, с.

Принимая во вниманее, что температура теплоносителя, подаваемого в систему отопления i-го контура, не может быть меньше температуры t_2 обратного теплоносителя [8], выходящего из i-го контура, очевидно неравенство

$$t_A > t_2 \qquad (2)$$

Учитывая (1), получим

$$t_k\left(1-e^{-\frac{\tau-\tau_0}{T}}\right)+t_1e^{-\frac{\tau-\tau_э}{T}}>t_2 \qquad (3)$$

Преобразуем (3) к более удобному виду

$$\frac{t_1-t_k}{t_2-t_k}>e^{\frac{\tau-\tau_э}{T}}, \qquad (4)$$

так как $t_1>t_2>t_k$, то $\frac{t_1-t_k}{t_2-t_k}>1$ и так как $e\approx 2{,}718>1$, то $e^{\frac{\tau-\tau_0}{T}}>1$. Прологарифмируем полученное неравенство

$$\ln\frac{t_1-t_k}{t_2-t_k}>e^{\frac{\tau-\tau_э}{T}} \qquad (5)$$

Из (5) следует

$$\tau<\tau_э+T\ln\frac{t_1-t_k}{t_2-t_k}\ . \qquad (6)$$

Для визуализации полученного диапазона значений построим график функции

$$\tau(t_1,\tau_э)=\tau_э+T\ln\frac{t_1-t_k}{t_2-t_k} \qquad (7)$$

Примем следующие ограничения, основанные на реальных данных объекта теплоснабжения
$t_1=110\div150°C$, $t_2=70°C$, $t_к=20°C$, $\tau_э=0\div600c$, $T=150c$.

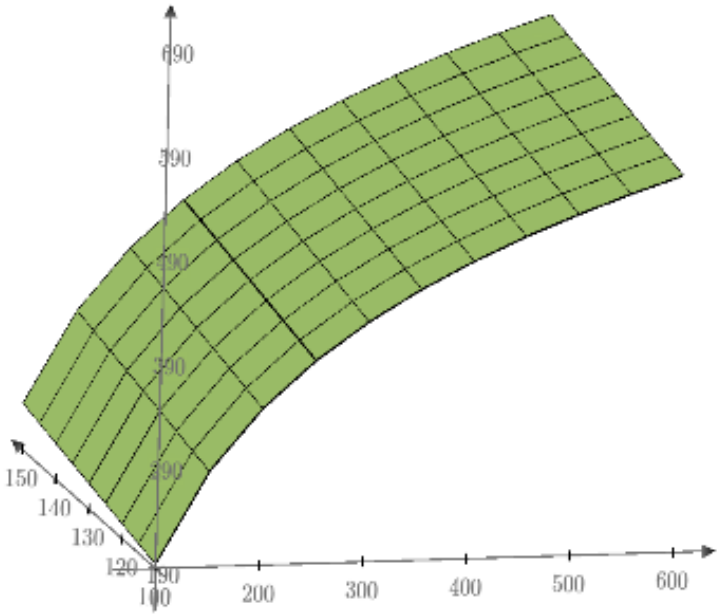


Рис. 4. График функции $\tau(t_1,\tau_э)$
Fig. 4. Function graph $\tau(t_1,\tau_э)$

Заключение

Проанализировав структуру работы системы многоконтурного теплоснабжения зданий и сооружений при зависимом присоединении к источнику тепла, построена в общем виде блок-схема алгоритма управления. Определен интервал времени принятия решения по перераспределению тепловых потоков в системе теплоснабжения. Получены границы исследуемого интервала времени. Построен график зависимости времени принятия решения от параметров системы.

Список литературы
References

1. Константинов, И.С. Система мониторинга дорожно-транспортной ситуации на основе rfid-технологии / И.С. Константинов // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 2015. № 1 (198). – вып.33/1.

Konstantinov, I.S. Sistema monitoringa dorozhno-transportnoj situacii na osnove rfid-tehnologii / I.S. Konstantinov // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. 2015. № 1 (198). – vyp.33/1.

2. Ivashchuk O.A. Smart control system of human resources potential of the region [Text] / O.A. Ivashchuk, I.S. Konstantinov, I.V. Udovenko // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2015. T. 41. C. 481–490.

Ivashchuk O.A. Smart control system of human resources potential of the region [Text] / O.A. Ivashchuk, I.S. Konstantinov, I.V. Udovenko // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2015. T. 41. S. 481–490.

3. Федоров, С.С. Оптимизация процесса управления системой теплоснабжения зданий / С.С. Федоров, Н.В. Клюева, Н.В. Бакаева // Строительство и реконструкция. 2015. № 5 (61). С. 90–95.

Fedorov, S.S. Optimizacija processa upravlenija sistemoj teplosnabzhenija zdanij / S.S. Fedorov, N.V. Kljueva, N.V. Bakaeva // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2015. № 5 (61). S. 90–95.

4. Бондаренко, В.М. Некоторые результаты анализа и обобщения научных исследований по теории конструктивной безопасности и живучести / В.М. Бондаренко, Н.В. Клюева, В.И. Колчунов, Н.Б. Андросова // Строительство и реконструкция. 2012. № 4. С. 3–16.

Bondarenko, V.M. Nekotorye rezul'taty analiza i obobshhenija nauchnyh issledovanij po teorii konstruktivnoj bezopasnosti i zhivuchesti / V.M. Bondarenko, N.V. Kljueva, V.I. Kolchunov, N.B. Androsova // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2012. № 4. S. 3–16.

5. Андросова, Н.Б. Некоторые предложения к нормированию параметров живучести сооружений / Н.Б. Андросова, Н.В. Клюева, В.И. Колчунов // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2011. № 15. С. 17.

Androsova, N.B. Nekotorye predlozhenija k normirovaniju parametrov zhivuchesti sooruzhenij / N.B. Androsova, N.V. Kljueva, V.I. Kolchunov // Vestnik central'nogo regional'nogo otdelenija Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk. 2011. № 15. S. 17.

6. Константинов, И.С. Алгоритм управления системой многоконтурного теплоснабжения зданий и сооружений / И.С. Константинов, С.С. Федоров // Строительство и реконструкция. 2015. № 6(62). С. 107–111.

Konstantinov, I.S. Algoritm upravlenija sistemoj mnogokonturnogo teplosnabzhenija zdanij i sooruzhenij / I.S. Konstantinov, S.S. Fedorov // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2015. № 6 (62). S. 107–111.

7. Федоров, С.С. Система управления процессом теплоснабжения промышленных предприятий при зависимом присоединении к тепловым сетям / С.С. Федоров // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 106–110.

Fedorov, S.S. Sistema upravlenija processom teplosnabzhenija promyshlennyh predprijatij pri zavisimom prisoedinenii k teplovym setjam / S.S. Fedorov // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2014. № 5 (55). S. 106–110.

8. Федоров, С.С. К вопросу моделирования процесса управления системой теплоснабжения ресурсоэффективных зданий / С.С. Федоров, Д.Н. Тютюнов, Н.В. Клюева, Л.И. Студеникина // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 92–95.

Fedorov, S.S. K voprosu modelirovanija processa upravlenija sistemoj teplosnabzhenija resursojeffektivnyh zdanij / S.S. Fedorov, D.N. Tjutjunov, N.V. Kljueva, L.I. Studenikina // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2014. № 1 (51). S. 92–95.

УДК 66.011

ПОИСК ОБЛАСТЕЙ ДОПУСТИМЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРОЦЕССА ДИАЗОТИРОВАНИЯ

SEARCH AREAS OF ACCEPTABLE CONTROL ACTIONS OF THE DIAZOTIZATION PROCESS

А.В. Майстренко, Н.В. Майстренко
A.V. Maystrenko, N.V. Maystrenko

Тамбовский государственный технический университет, Россия, 392000, Тамбов, Советская, 106

Tambov State Technical University, 106 Sovetskaya St, Tambov, 392000, Russia

e-mail: postmaster@amast.tstu.ru

Аннотация. Диазотирование, являясь одной из основных стадий технологического процесса синтеза азопигментов, оказывает значительное влияние на качество получаемого красителя. Проведение вычислительных экспериментов с использованием построенной математической модели позволило исследовать основные закономерности стадии диазотирования и выявить параметры процесса, оказывающие наибольшее влияние на его качественные показатели.

Установлено, что наибольшее влияние на качество процесса диазотирования оказывают температура входного потока суспензии амина в реактор диазотирования и объемный расход жидкой фазы амина в реакторную систему. Предложен алгоритм поиска областей допустимых границ процесса диазотирования для установления оптимальных параметров управляющих воздействий.

Resume. Diazotization, being one of the main stages of technological process of synthesis of azo pigments, makes a considerable impact on the quality of produced dye. Carrying out computing experiments with the use of a constructed mathematical model allowed to investigate the main regularities of the stage of diazotization and to reveal the process parameters, making the greatest impact on its quality indicators.

It is established, that the temperature of an entrance stream of suspension of amine in the reactor of diazotization and volumetric flow rate of the liquid phase of the reactor system render the greatest influence on the quality of the diazotization process. The algorithm for the search of areas permissible limits of the diazotization process to determine the optimal parameters of control proposed.

Ключевые слова: диазотирование, математическая модель, управляющее воздействие, алгоритм, допустимая область.

Keywords: diazotization, mathematical model, control action, algorithm, permissible area.

Введение

Одной из ключевых стадий синтеза азопигментов является стадия диазотирования. Диазотирование – реакция получения диазосоединений действием азотистой кислоты на первичные амины в присутствии неорганической кислоты (*HCl*) при температуре 0–5°С. Данный процесс обладает рядом особенностей: низкая растворимость исходного сырья – 3-нитро-4 –аминотолуола приводит к необходимости повышения температуры редакционной среды в аппарате диазотирования. С другой стороны, неустойчивость диазосоединения (ArN_2Cl) и диазотирующего агента (азотистой кислоты HNO_2), при повышенной температуре редакционной массы приводящая к образования побочных продуктов, обязывает проводить процесс при пониженной температуре редакционной среды.

Одновременно с этим в реальном производстве существует множество случайных факторов, влияющих на качество получаемого продукта. К таким факторам можно отнести: постоянно изменяющийся от партии к партии гранулометрический состав амина, неточность измерительных приборов, погрешность дозирующих насосов и т.п. Для компенсации подобных внешних воздействий требуется иметь ряд параметров процесса, которые бы выступили в качестве управляющих параметров. В качестве таких параметров процесса диазотирования будем использовать температуру потока на входе в реакторную систему диазотирования и объемный расход потока суспензии амина на входе. Таким образом возникает задача поиска областей допустимых границ процесса диазотирования, в пределах которых можно изменять эти параметры.

Моделирование процесса диазотирования

Для построения границ указанных областей зададимся рядом технологических ограничений, накладываемых на процесс диазотирования. Во-первых, так как исходное сырье 3-нитро-4 – амин толуол достаточно дорогостоящее, необходимо не допустить его перерасхода и ограничить проскок твердой фазы $\eta \le 5\%$. Во-вторых, содержание диазосмол, даже в небольшом количестве, очень сильно ухудшает колористические свойства конечного продукта – азопигмента, поэтому примем ограничение на количество диазосмол $P \le 1\%$. И в-третьих, необходимо сохранять заданный уровень производительности, следовательно выход готового продукта на стадии диазотирования Q не должен быть меньше 43.2 кг/час. Это требование складывается из общей годовой производительности установки. Для определения границ областей допустимых управляющих воздействий сложных процессов будем использовать вычислительные эксперименты и методы математического моделирования [1].

Рассмотрим процесс диазотирования. Механизм этого процесса состоит из следующих химических реакций [2]:

$$[ArNH_2]_S \xrightarrow{W_1} ArNH_2,$$
$$NaNO_2 + HCl \xrightarrow{W\to\infty} HNO_2 + NaCl,$$
$$ArNH_2 + HNO_2 + HCl \xrightarrow{W_2} ArN_2Cl + 2H_2O,$$
$$HNO_2 \xrightarrow{W_3} \sigma,$$
$$ArN_2Cl + HNO_2 \xrightarrow{W_4} \chi,$$
$$ArN_2Cl \xrightarrow{W_5} \chi,$$
$$ArN_2Cl + ArNH_2 \xrightarrow{W_6} ArN_2H + HCl.$$

В работе [2] построена математическая модель процесса диазотирования, протекающего в пятицарговом реакторе смешения непрерывного действия, позволяющая рассчитать основные качественные показатели с приемлемой точностью.

При построении математической модели процесса диазотирования были приняты следующие допущения:

1. Реакция образования диазотирующего агента (азотистой кислоты HNO_2) протекает с бесконечной скоростью, так как она на несколько порядков выше скорости реакции диазотирования.
2. Реакция диазотирования происходит в растворе.
3. Твердая фаза амина представляет собой совокупность частиц с характеристическим диа метром $2r$ и гранулометрическим составом.
4. Каждая царга реактора диазотирования является реактором идеального смешения.
5. Математическая модель представляет собой модель статики.

С учетом сделанных допущений уравнения материального и теплового баланса статики процесса диазотирования могут быть представлены в виде:

Материальный баланс:

$$G_e^i = G_e^{i-1} + \frac{\mu^i G_s^{i-1}}{\rho_a} + G_n^{i-1} \quad (1)$$

$$G_s^i = G_s^{i-1}(1-\mu^i) \quad (2)$$

$$C_a^i G_e^i = C_a^{i-1} G_e^{i-1} + \frac{\mu^i G_s^{i-1}}{M_a} - (W_2 + W_6)V^i \quad (3)$$

$$C_{ak}^i G_e^i = C_{ak}^{i-1} G_e^{i-1} + C_n^{i-1} G_n^{i-1} - (W_2 + W_3 + W_4)V^i \quad (4)$$

$$C_{ck}^i G_e^i = C_{ck}^{i-1} G_e^{i-1} + C_n^{i-1} G_n^{i-1} - (W_2 - W_6)V^i \quad (5)$$

$$C_d^i G_e^i = C_d^{i-1} G_e^{i-1} + (W_2 - W_4 - W_5 - W_6)V^i \quad (6)$$

$$C_x^i G_e^i = C_x^{i-1} G_e^{i-1} + (W_4 + W_5 + W_6)V^i \quad (7)$$

Тепловой баланс:

$$(C_v^i G_e^{i-1} + C_v^s G_s^{i-1})T^{i-1} + C_v^n G_v^{i-1} T_n^{i-1} + \frac{\mu^i G_s^{i-1}}{M_a} h_1 + \sum_{j=2}^{5} W_j h_j V^i + KF^i(\overline{T}_x^i - T^i) = \tag{8}$$
$$= (C_v G_e^i + C_v^s G_s^i)T^i$$

$$C_v^x G_x^i (T_x^{i-1} - T^i) = KF^i(\overline{T}_x^i - T^i) \tag{9}$$

$$\overline{T_x} = \frac{T_x^{i-1} + T_x^i}{2} \tag{10}$$

Здесь G_e, G_s – расходы жидкой и твердой фазы; $C_a, C_{ak}, C_{ck}, C_n, C_d, C_x$ – концентрации амина, азотистой кислоты, соляной кислоты, нитрита натрия, диазосоединения и диазосмол; T_x, T – температура потока хладогента и суспензии; μ^i – доля массы растворившегося амина; M_a – молярная масса амина; V^i - объем i – ой царги; C_v - теплоемкость; h_j - энтальпия j-ой реакции; K - коэффициент теплопередачи; F - поверхность теплообмена; ρ_a - плотность амина.

Константы скорости реакции W_2, W_3, W_4, W_5, W_6 определены экспериментально, а для определения скорости процесса растворения можно воспользоваться формулой

$$\frac{dr_i}{dt} = W_1 = -Ar^{-\alpha} \exp\left(-\frac{E_1}{RT}\right)(C_a^* - C_a)/\rho_a, \tag{11}$$

где ρ_a - плотность амина; C_a^* - равновесная концентрация амина в суспензии; $\alpha = 0{,}398; A = 4{,}406 \cdot 10^{12}$.

Особенностью данной математической модели является учет растворившегося вещества, что выражает переменная μ^i – доля массы растворившегося амина. Величину этой переменной можно определить по формуле

$$\mu^i = \frac{\int_0^\infty \Psi^i(r_{i-1}) \int_0^\infty (r_{i-1}^3 - r_i^3) P_i(\tau) d\tau dr_{i-1}}{\int_0^\infty r_{i-1}^3 \Psi^i(r_{i-1}) dr_{i-1}} \tag{12}$$

При этом на протекание процесса диазотирования большое влияние оказывает начальный гранулометрический состав кристаллов амина. Будем полагать, что начальный гранулометрический состав подчиняется логарифмическому нормальному закону распределения:

$$\Psi(r_0) = \sqrt{\frac{\sigma}{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\sigma(\ln r_0 - r_0) - r_0 - \frac{1}{2\sigma}\right\}$$

где $\overline{r_0} = 1{,}24; \sigma = 3{,}38$.

Тогда пересчет гранулометрического состава на выходе из секции реактора может быть произведен по формулам:

$$\varphi(r_i) = \frac{1}{\beta} \int_0^\infty \Psi^{i-1}(r_{i-1}) P\left(\frac{r_{i-1}^{1+\alpha} - r_i^{1+\alpha}}{\beta(1+\alpha)}\right) r_i^\alpha dr_{i-1},$$

где $\beta = A \exp\left(-\frac{E_1}{RT}\right)(C_a^* - C_a)/\rho_a$,

$$\Psi^i(r_i) = \frac{\varphi(r_i)}{\int_0^\infty \varphi(r_i) dr_i}. \tag{13}$$

Вычислительные эксперименты с использованием этой модели позволили установить, что значительное влияние на выходные параметры процесса диазотирования оказывают: температура жидкой фазы на входе реактора T, K и изменение объемного расхода потока жидкой фазы G_e, м³/с.

Построение границ допустимых областей

Построение границ допустимых областей будем осуществлять с учетом технологических ограничений процесса диазотирования, перечисленных выше. Для решения поставленной задачи с помощью построенной математической модели предлагается следующий алгоритм поиска границ, соответствующих введенным ограничениям (блок-схема алгоритма поиска границ, соответствующих 5% проскоку твердой фазы амина, представлена на рисунке 1, поиск других границ происходит аналогичным образом).

Рассмотрим работу алгоритма. Вначале задаются некоторые начальные значения температуры и объемного расхода жидкой фазы. После чего производится расчет по математической модели. Данные, полученные после расчета модели, используются для вычисления проскока амина η.

Так как при расчетах по математической модели очень тяжело добиться абсолютного равенства $\eta = 5$, то целесообразно использовать малый интервал отклонения проскока от номинального значения, например, $|\eta - 5| < 0.01$. Если при заданных значениях объемного расхода жидкой фазы и температуры неравенство $|\eta - 5| < 0.01$ выполняется, то значения температуры и расхода запоминаются. Если неравенство $|\eta - 5| < 0.01$ при заданных значениях расхода и температуры не выполняется, то после анализа тенденции изменения проскока определяется направление изменения значения расхода, позволяющее приблизиться к линии, соответствующей 5% проскоку. Далее изменяется значение расхода G_e, и расчет по модели производится заново. Как только приходят к удовлетворительному значению проскока, увеличивается значение температуры при неизменном значении расхода и поиск продолжается, начиная от этого значения расхода G_e.

Работа алгоритма заканчивается, когда достигается предел изменения температуры. Такой подход к поиску границы позволяет значительно сократить количество расчетов, так как нет необходимости идти от начального значения расхода G_e при каждом новом значении температуры. Изменение значения расхода G_e можно производить в любую сторону. В результате траектория поиска границы имеет ступенчатый вид. Графически работу алгоритма можно продемонстрировать с помощью рисунка 2.

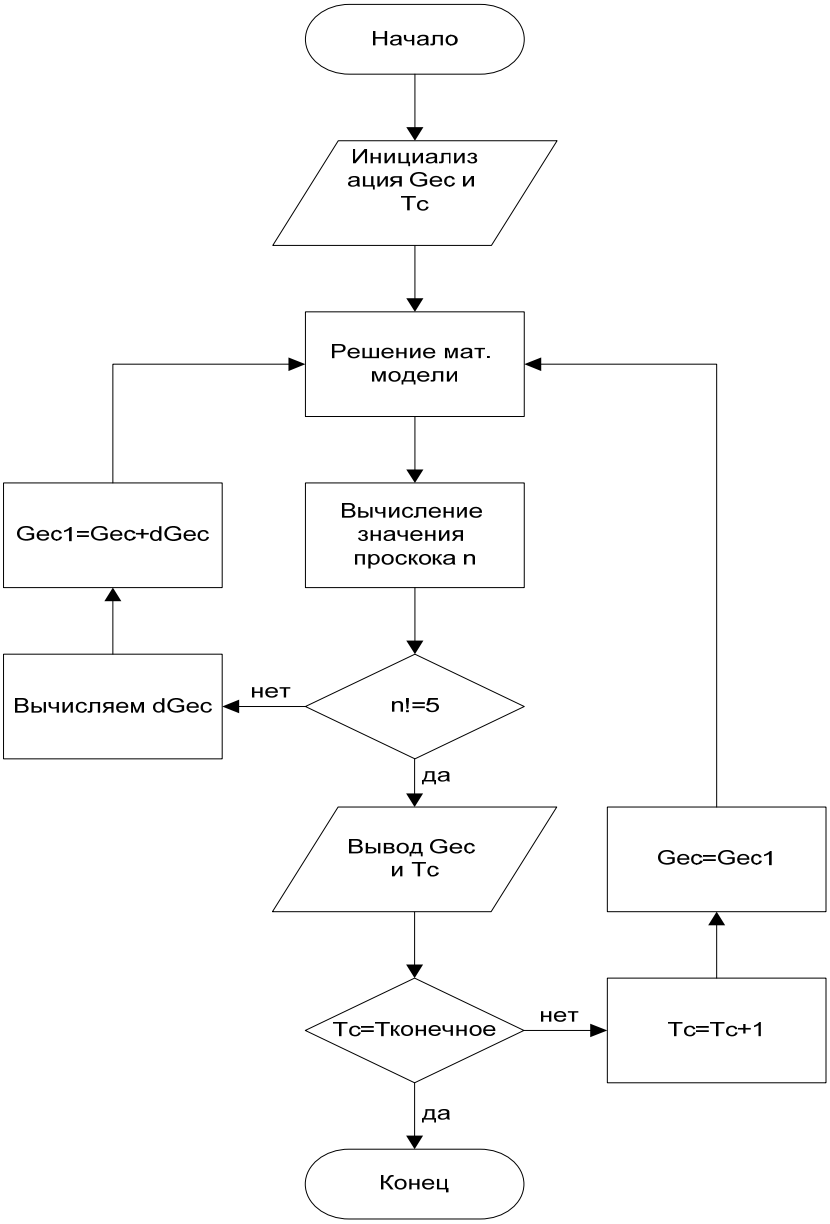


Рис. 1. Блок-схема алгоритма поиска границы области допустимых значений
Fig. 1. The block diagram of the algorithm for finding the boundaries of the feasible region

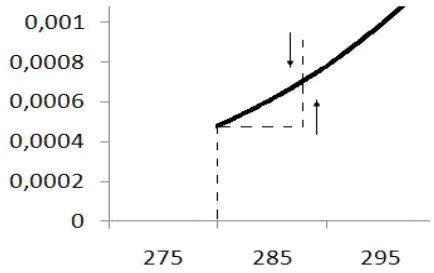


Рис. 2. Графическая схема работы алгоритма поиска границы области допустимых значений
Fig. 2. Graphic scheme of the algorithm of searching the boundary of feasible region

На рисунках 3 и 4 приведены полученные области допустимых значений процесса диазотирования. Из них видно, что при изменении параметров r_0 (средний размер частиц в суспензии) и $[C_A]_s$ (начальное значение концентрации амина в суспензии) области перемещаются и меняют свою конфигурацию. При дальнейшем увеличении r_0 область может выродится в точку, что затрудняет стабилизацию процесса диазотирования.

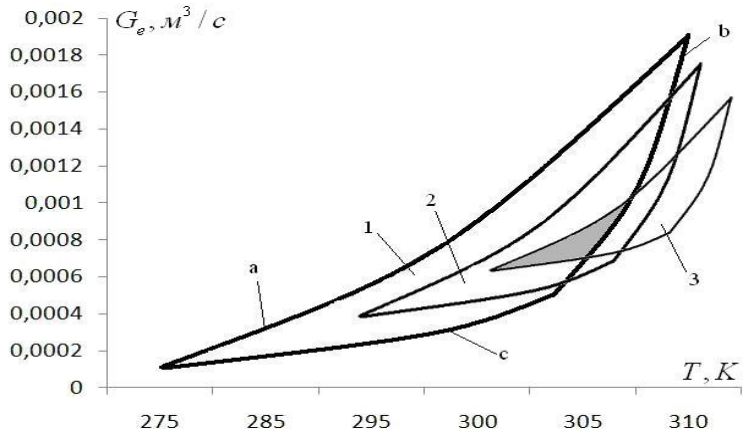


Рис. 3. Область допустимых управляющих воздействий $G_e - T$: $1 - r_0 = 1 мкм$; $2 - r_0 = 1{,}5 мкм$; $3 - r_0 = 2 мкм$; $a - \eta = 5\%$; $b - P = 1\%$; $c - Q = 43{,}2 кг/час$

Fig. 3. The area of allowable control actions $G_e - T$: $1 - r_0 = 1\ microns$; $2 - r_0 = 1{,}5\ microns$; $3 - r_0 = 2\ microns$; $a - \eta = 5\%$; $b - P = 1\%$; $c - Q = 43{,}2\ kg/h$

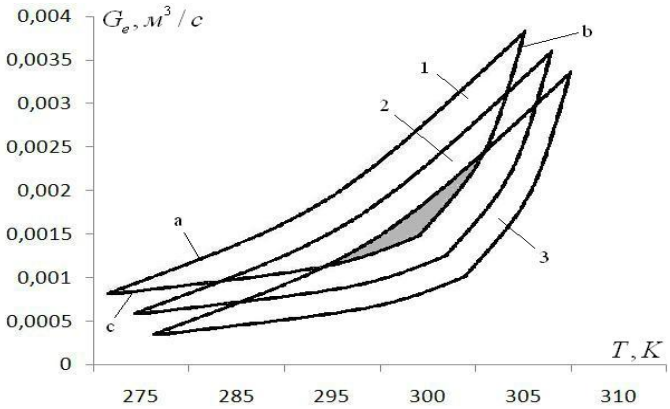


Рис. 4. Область допустимых управляющих воздействий $G_e - T$:
$1 - [C_A]_s = 15 моль/м^3$; $2 - [C_A]_s = 20 моль/м^3$; $2 - [C_A]_s = 25 моль/м^3$; $a - \eta = 5\%$; $b - P = 1\%$; $c - Q = 43{,}2 кг/час$

Fig. 4. The area of allowable control actions $G_e - T$:
$1 - [C_A]_s = 15\ mol/м^3$; $2 - [C_A]_s = 20\ mol/м^3$; $2 - [C_A]_s = 25\ mol/м^3$; $a - \eta = 5\%$; $b - P = 1\%$; $c - Q = 43{,}2\ kg/h$

Серым цветом на обоих рисунках показана область пересечения всех областей, полученных при разных условиях. Таким образом, изменение управляющих воздействий в этой области, при определенных условиях, будет гарантировано давать нам продукт с заданными качественными показателями. Но одновременно с этим следует отметить, что могут иметь место и такие условия, при которых невозможно найти общую область управляющих воздействий.

Заключение

В данной статье предложен алгоритм нахождения областей допустимых управляющих воздействий процесса диазотирования с использованием математической модели этого процесса. Существование и возможность нахождения допустимых областей управляющих воздействий позволяет говорить о необходимости разработки и применения систем оптимального управления процессом диазотирования. Описанный алгоритм использовался также и для нахождения областей допустимых управляющих воздействий процесса азосочетания.

Список литературы
References

1. Ломазова В.И. Информационное описание математических моделей взаимосвязанных процессов в сложных системах // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. – 2011. – № 1 (96). – Выпуск 17/1 . – С. 201–208.

Lomazova V.I. Informacionnoe opisanie matematicheskih modelej vzaimosvjazannyh processov v slozhnyh sistemah // Nauchnye vedomosti BelGU. Serija Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2011. – № 1 (96). – Vypusk 17/1 . – P. 201–208.

2. Вольщак И.Л., Майстренко А.В., Майстренко Н.В. 2012. Моделирование процесса диазотирования при непрерывном синтезе азопигментов. Фундаментальные исследования. – № 11 (ч. 6). – P. 1445–1450.

Vol'shhak I.L., Majstrenko A.V., Majstrenko N.V. 2012. Modelirovanie processa diazotirovanija pri nepreryvnom sinteze azopigmentov. Fundamental'nye issledovanija. – № 11 (ch. 6). – P. 1445–1450.

УДК 007:621.865.8

ПЛАНИРОВАНИЕ ТАКТИЧЕСКОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

PLANNING TACTICAL MOTION TRAJECTORIES OF AUTOMATED ROBOTIC MEANS DURING DISASTER RELIEF

А.И. Мотиенко
A.I. Motienko

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Россия, 199178, Санкт-Петербург, 14 линия, 39

St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, 14-th Line V.O., 39, St. Petersburg, 199178, Russia

anna.gunchenko@gmail.com

Аннотация. В статье делается обзор современного состояния в области создания аварийно-спасательных роботов. Рассмотрены основные направления, на которых концентрируются ведущие разработчики, а именно, создание дистанционно управляемых роботов, ориентированных на работу на различных стадиях ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. В работе анализируется возможность применения существующих образцов роботов, дистанционно управляемых группой людей-операторов и способных осуществлять как силовые воздействия на различные, встречающиеся в районе катастрофы объекты, так и тонко координированные действия, связанные с различными видами анализа образцов на месте катастрофы и с оказанием первой помощи людям, пострадавшим во время чрезвычайной ситуации. Также разрабатывается методика планирования тактической траектории движения спасательных роботов.

Resume. The article provides a short survey of the state-of-the-art rescue robots. The paper also describes the main areas in which leading developers were concentrated, namely, the establishment of remote-controlled robots oriented at various stages of disaster management The possibility of using existing models of robots, remote-controlled by group of operators, that can carry force action on various facilities occurring in the area of disaster and finely coordinated actions related to different types of analysis of samples at the crash site and the provision of the first assistance to people affected by the emergency is presented in the review. Also the developing technique of planning tactical trajectories of rescue robots is considered.

Ключевые слова: робототехника, автоматизированные робототехнические средства, аварийно-спасательные роботы, траектория движения, алгоритм нахождения кратчайшего пути.

Keywords: robotics, automated robotic means, emergency rescue robots, movement trajectory, algorithm for finding the shortest path.

Введение

Целью любых аварийно-спасательных и других неотложных работ является спасение людей и оказание помощи пострадавшим, локализация аварий и устранение повреждений, препятствующих проведению спасательных работ, а также создание условий для последующего проведения восстановительных работ [1]. При возникновении чрезвычайных ситуаций создаются временный штаб по ликвидации и предварительный план мероприятий. Последний включает в себя:

а) предварительную разведку маршрутов движения формирований и участков предстоящих работ и уточнение ситуации в районе чрезвычайной ситуации;

б) дальнейшую наземную разведку, прокладку колонных путей и устройство проездов (проходов) в завалах и на зараженных участках, а также локализацию и тушение пожаров на путях движения формирований и участках работ;

в) локализацию аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях;

г) розыск пострадавших и извлечение их из-под завалов, поврежденных и горящих зданий, загазованных, задымленных и затопленных помещений, санитарная обработка людей, обеззараживание их одежды, территории, сооружений, техники, воды и продовольствия;

д) оказание первой помощи пострадавшим и транспортировка их в лечебные учреждения.

Аварийно-спасательные работы характеризуются наличием факторов, угрожающих жизни и здоровью проводящих эти работы людей (спасателей, пожарных и др.) и требуют специальной подготовки, экипировки и оснащения. Свести к минимуму степень риска для спасателей позволяет использование так называемых безлюдных технологий – автоматизированных робототехнических средств (АРТС).

Применение автоматизированных робототехнических средств для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

Рынок робототехники в России существует и развивается уже более 10 лет. Современные разработки применяются в разных областях: от социально-бытовой до военно-технической как в штатных ситуациях, так и в экстремальных. Робототехническое оборудование используется при проведении аварийно-спасательных работ, в медицине, в ходе боевых действий и антитеррористических операций, разведки, охраны, разминирования и пр., обеспечивая высокую эффективность проводимых работ и максимальную безопасность здоровью и жизни человека. При разработке робототехнических комплексов, непосредственно контактирующих с людьми, важным вопросом остается способ человеко-машинного взаимодействия, поэтому подходы на основе многомодальной обработки информации являются здесь наиболее перспективными [2, 3].

В ноябре 2014 года на заседании Коллегии МЧС России были рассмотрены вопросы переоснащения до 2017 года подразделений МЧС России современными техническими средствами и техникой, а также использования в пожарно-спасательных подразделениях робототехнических комплексов, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и дальнейшего развития робототехники и технологий ее применения.

На данный момент в подразделениях МЧС России на вооружении находятся наземные, подводные и воздушные робототехнические комплексы различной номенклатуры и целевого предназначения. Но отечественных АРТС, способных решать полный комплекс задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций, подразделения, согласно имеющимся данным, не имеют [4].

Задачу по предварительной разведке маршрутов движения формирований и участков предстоящих работ и уточнению ситуации в районе чрезвычайной ситуации в настоящее время можно решать на базе отечественной техники с помощью различного класса БПЛА отечественного производства.

Для дальнейшей наземной разведки, прокладки колонных путей и устройства проездов могут быть использованы беспилотные гусеничные платформы типа роботов ICARUS [5], снабженные необходимыми манипуляторами и инструментами, которые производят анализ радиационного и химического загрязнения и задымления воздуха на местности, тушат очаги возгорания и расчищают путь для продвижения других видов аварийной техники. Для локализации аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях совместно с роботами типа ICARUS направляются роботы типа CHIMP [6], обладающие способностью пролезать через завалы и люки, карабкаться по пожарным лестницам, открывать замки и двери, закрывать предохранительные клапаны и заслонки, проводить ремонт и восстановление поврежденных защитных сооружений, а также обеззараживать очаги поражения. Для розыска пострадавших и извлечения их из-под завалов могут быть использованы роботы типа ATLAS [7], HUBO [8] и BEAR [9]. Важной задачей при этом является планирование траектории движения АРТС различных типов.

Методы и алгоритмы решения задач планирования траекторий движения как АРТС, так и БПЛА, при заданной геометрии окружающего пространства известны [10–12]. Традиционно траектория движения наземного АРТС строится в два этапа: сначала определяется глобальная траектория по картографическим данным, которая затем в процессе движения периодически уточняется по данным подсистемы компьютерного зрения [10, 13]. Такому подходу свойственны противоречия и недостатки, обусловленные существенным отличием масштабов представления информации на этих двух этапах [14].

В источнике [12] представлен новый метод локального планирования пути при навигации робота, основанный на теории опорных векторов и использующий последовательные позиции траектории глобального пути. Полученная в результате применения подхода локальная карта проходимости используется для построения безопасной и оптимальной траектории движения интеллектуального мобильного робота с помощью нейронной сети формально-логического типа. Необходимость поиска глобального пути актуализирует задачу по разработке методики транспортировки пострадавшего с учетом габаритных размеров и требований к минимизации энергопотребления автоматизированных робототехнических средств [15, 16]. Применение указанных параметров, кроме того, расширяет область известных знаний о параметрах, используемых в логистике, а учет препятствий (завалов) при построении глобального пути (путей) позволяет устранить недостаток свободного от коллизий метода движения робота к человеку [17]. Способствует этому применение метода статистической идентификации объектов с использованием параметрического обучения, позволяющего компенсировать искажение изображений [18].

Методика планирования тактической траектории движения АРТС при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

Использование БПЛА для предварительной разведки маршрутов движения позволяет с одной стороны оперативно уточнять картографические данные, а с другой – с учетом этой информации планировать, как на первом, так и на втором этапах, оптимальные траектории движения, повышая тем самым эффективность использования АРТС при решении задач по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. При этом возможен вариант трехэтапного планирования траекторий движения АРТС с использованием картографических данных (глобальная траектория), данных с БПЛА (тактическая траектория) и данных бортовой подсистемы компьютерного зрения АРТС (локальная траектория). В данном случае тактическая траектория, построенная по данным с БПЛА, представляет собой скрытную траекторию, проходящую по складкам местности [19].

Для ее планирования предлагается методика, в основу которой положены представление траектории движения в виде ориентированного ациклического графа; алгоритм нахождения *K* кратчайших путей между двумя заданными вершинами в ориентированном ациклическом графе; алгоритм назначения весов вершинам указанного графа с учетом габаритных размеров и требований к минимизации энергопотребления АРТС [20]. Исходными данными для ее реализации являются:

- картографические данные;
- данные, полученные с БПЛА;
- число *M* и массогабаритные показатели (ширина $l_{ШАРТС\,i}$ и высота $l_{ВАРТС\,i}$ $(i = 1,...,M)$, планируемых к применению АРТС.

Разрабатываемая методика включает в себя следующие шаги:

Шаг 1. Формирование на основе исходных данных графа *G*(*A*, *B*) тактических траекторий движения. При этом вершинам графа $A = \{a_i\}$, $i = 1,...,N$, ставятся в соответствие места изменения траектории движения АРТС и в виде координат $\{x_i, y_i\}$ задаются их географические местоположения, а ребрам *B* – участки пути движения между соответствующими узлами (при наличии такого пути) и их конфигурация. Отклонение тактической траектории от глобальной связано с наличием завалов и трудно проходимых участков. В качестве параметров конфигурации участков пути движения АРТС выступают:

- длина $l_У$ участка;
- минимальная ширина $l_Ш$ «коридора», необходимого для движения АРТС на данном участке;
- минимальная высота $l_В$ «коридора», необходимого для движения АРТС на данном участке.

Шаг 2. Выбор для проведения дальнейших расчетов *K*=*M* в предположении, что для выполнения работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (расчистки завала, тушения пожара, поиска пострадавшего и т.п.), планируемых к применению АРТС будут направляться одновременно.

Шаг 3. Нахождение *K* кратчайших путей между начальной и конечной вершинами графа *G*(*A*, *B*). В качестве начальной вершины выбирается место «запуска» АРТС, в качестве конечной – участок предстоящих работ, а в качестве весов ребер – $l = l_У$.

Шаг 4. Преобразование графа *G*(*A*, *B*) в *G*`(*A*, *B*), содержащий только *K* кратчайших путей (и инцидентных им вершин), полученных на предыдущем шаге.

Шаг 5. Нахождение *K*` кратчайших путей между начальной и конечной вершинами графа *G*`(*A*, *B*). При этом в качестве весов ребер выбирается величина:

$$l = \begin{cases} 1, \text{если } l_{Ш} > \max(l_{ШАРТС\,i}); \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Шаг 6. Если *K*`<*M*, то *K*=*K*+1 и переход шагу 2; в противном случае – переход к следующему шагу.

Шаг 7. Преобразование графа *G*`(*A*, *B*) в *G*``(*A*, *B*), содержащий только *K*` кратчайших путей (и инцидентных им вершин), полученных на шаге 5.

Шаг 8. Нахождение *K*`` кратчайших путей [25] между начальной и конечной вершинами графа *G*``(*A*, *B*). При этом в качестве весов ребер выбирается величина:

$$l = \begin{cases} 1, \text{если } l_{В} > \max(l_{ВАРТС\,i}); \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Шаг 9. Если *K*``<*M*, то *K*=*K*+1 и переход шагу 2; в противном случае - переход к следующему шагу.

Шаг 10. Если число кратчайших путей *K*``>*M*, то выбор в качестве тактической траектории движения планируемых к применению АРТС первых *M* путей.

Результатом реализации предложенной методики являются тактические траектории движения (рис. 1), оптимальные с точки зрения прохождения по ним минимального расстояния планируемым к применению АРТС [21, 22]. Полученные решения учитывают их габаритные размеры (существенно влияющие на процесс транспортировки в условиях завалов) и требования к минимизации энергопотребления АРТС. Их число *M* зависит от разновидности предстоящих работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и требует обоснования в каждом конкретном случае. В случае отсутствия *M* кратчайших путей (уже на 3 шаге разработанной методики) меняется стратегия применения АРТС – они движутся по меньшему числу путей «друг за другом». При полном отсутствии тактической траектории движения требуется изменение исходных данных.

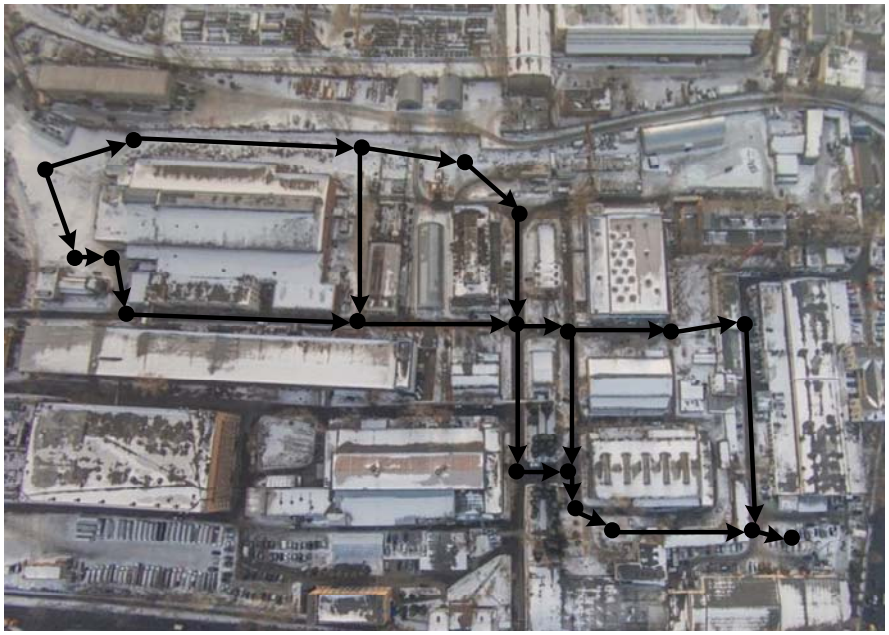


Рис. 1. Планирование тактической траектории движения автоматизированных робототехнических средств
Fig. 1. Planning tactical motion trajectories of automated robotic means

Заключение

Результататом реализации разработанной методики является тактическая траектория движения, представленная на рисунке 1.

Применение разработанной методики позволяет решить важную задачу планирования траектории движения АРТС различных типов. Разработка таких средств, их научно-методического и программно-алгоритмического обеспечения позволит реализовывать весь комплекс мероприятий по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, значительно снижая при этом степень риска работы спасателей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 16-08-00696-а).

Список литературы
References

1. Акимов В.А., Воробьев Ю.Л., Фалеев М.И. и др. 2012. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учеб. пособие. М.: Абрис, 592.

Akimov V.A., Vorob'ev Ju.L., Faleev M.I. et al. 2012. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah prirodnogo i tehnogennogo haraktera: Ucheb. Posobie. M.: Abris. 592.

2. Басов О.О., Саитов И.А. 2013. Основные каналы межличностной коммуникации и их проекция на инфокоммуникационные системы. Труды СПИИРАН, 30, 122–140.

Basov O.O., Saitov I.A. 2013. Basic channels of interpersonal communication and their projection on the infocommunications systems. Trudy SPIIRAN, 30, 122–140.

3. Ронжин А.Л., Будков В.Ю., Ронжин А.Л. 2011. Технологии формирования аудиовизуального интерфейса системы телеконференций. Автоматизация. Современные технологии, 5, 20–26.

Ronzhin A.L., Budkov V.Ju., Ronzhin A.L. 2011. Technologies of formation of an audiovisual interface of teleconferencing system. Avtomatizacija. Sovremennye tehnologii, 5, 20–26.

4. Мотиенко А.И., Ронжин А.Л., Павлюк Н.А. 2015. Современные разработки аварийно-спасательных роботов, возможности и принципы их применения. Научный вестник НГТУ, 60 (3), 147–165.

Motienko A.I., Ronzhin A.L., Pavljuk N.A. 2015. The modern development of rescue robots, opportunities and principles of their application. Nauchnyj vestnik NGTU, 60 (3), 147–165.

5. De Cubber G., Serrano D., Berns K., Chintamani K., et al. 2013. Search and rescue robots developed by the european ICARUS project. 7th Int. Workshop on Robotics for Risky Environments.

6. Stentz A., Herman H., Kelly A., Meyhofer E., et al. 2015. CHIMP, the CMU Highly Intelligent Mobile Platform Journal of Field Robotics, 32 (2), 209–228.

7. Kolawole E. 2013. What if this ATLAS shrugged? - DARPA unveils new humanoid robot. Washington Post. Available at: http://www.washingtonpost.com/blogs/innovations/wp/2013/07/12/what-if-this-atlas-shrugged-darpa-unveils-new-humanoid-robot/ (accessed 22 January 2016).

8. Zucker M. et al. 2015. A General-purpose System for Teleoperation of the DRC-HUBO Humanoid Robot. Journal of Field Robotics.

9. Theobald D. Mobile reconfigurable robot. US 8106616 B1. 2012. Available at: http://www.google.com/patents/US8106616 / (accessed 29 January 2016).

10. Носков В.П., Рубцов И.В. 2005.Опыт решения задачи автономного управления движением мобильных роботов. Мехатроника, автоматизация, управление, 12, 21–24.

Noskov V.P., Rubcov I.V. 2005. Experience of solving the problem of autonomous motion control of mobile robots. Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie, 12, 21–24.

11. Загоруйко С.Н., Казьмин В.Н., Носков В.П. 2014. Навигация БПЛА и 3D-реконструкция внешней среды по данным бортовой СТЗ. Мехатроника, автоматизация, управление, 8, 62–67.

Zagorujko S.N., Kaz'min V.N., Noskov V.P. 2014. Navigacija UAV navigation and 3D-reconstruction of the environment according to the board TVS. Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie, 8, 62–67.

12. Charalampous K., Kostavelis I., Gasteratos A. 2015. Thorough robot navigation based on SVM local planning. Robotics and Autonomous Systems, 70, 166–180.

13. Сапрыкин Р.В. 2015. Алгоритмы информационного взаимодействия интеллектуальных мобильных роботов при картографировании внешней среды функционирования. Известия ЮФУ. Технические науки, 3 (164), 164–174.

Saprykin R.V. 2015. Algorithms of information interaction of intelligent mobile robots for mapping of the environment of functioning. Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki, 3 (164), 164–174.

14. Аникин В.А., Ким Н.В., Носков В.П., Рубцов И.В. 2010. Мобильный робототехнический комплекс с системой технического зрения на базе БПЛА. Вопросы оборонной техники, 1 (242)–2 (243), 40–46.

Anikin V.A., Kim N.V., Noskov V.P., Rubcov I.V. 2010. Mobile robot with computer vision system based on the UAV. Voprosy oboronnoj tehniki, 1 (242)–2 (243), 40–46.

15. Мотиенко А.И., Макеев С.М., Басов О.О. 2015. Анализ и моделирование процесса выбора положения для транспортировки пострадавшего на основе байесовских сетей доверия. Труды СПИИРАН, 43, 135–155.

Motienko A.I., Makeev S.M., Basov O.O. 2015. Analysis and Modeling of Position Choice Process for Transportation of the Sufferer on the basis of Bayesian Belief Networks. Trudy SPIIRAN, 43, 135–155.

16. Мотиенко А.И., Басов О.О. 2015. Вероятностная модель положения транспортировки пострадавшего. Сборник трудов 7-й Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2015), 230–235.

Motienko A.I., Basov O.O. 2015. Probabilistic model of Position for Transportation of the Sufferer. Sbornik trudov 7-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii po imitacionnomu modelirovaniju i ego primeneniju v nauke i promyshlennosti «Imitacionnoe modelirovanie. Teorija i praktika» (IMMOD-2015), 230–235.

17. Nishitani I., Matsumura T., Ozawa M., Yorozu A., Takahashi M. 2015. Human-centered space path planning for mobile robot in dynamic environments. Robotics and Autonomous Systems, 66, 18–26.

18. Бархоткин В.А., Петров В.Ф., Кочетков М.П., Корольков Д.Н. 2014. Обработка изображений для идентификации наземной обстановки мобильными роботизированными комплексами. Известия ЮФУ. Технические науки,3 (152), 77–87.

Barhotkin V.A., Petrov V.F., Kochetkov M.P., Korol'kov D.N. 2014. Image processing for identification of the terrestrial environment by mobile robotic complexes. Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki, 3 (152), 77–87.

19. Аникин В.А., Ким Н .В., Носков В.П., Рубцов И.В. 2015. Решение целевых задач комплексом РТК – выносной пункт СТЗ. Известия ЮФУ. Технические науки, 1 (162), 121–132.

Anikin V.A., Kim N .V., Noskov V.P., Rubcov I.V. 2015. The solution of target task by RTC complex - remote item of technical vision system. Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki, 1 (162), 121–132.

20. Богданов С.П., Басов О.О., Иванов А.А. 2014. Применение методов теории графов для проектирования средств измерения тактильных параметров. Труды СПИИРАН, 2(33), 27–44.

Bogdanov S.P., Basov O.O., Ivanov A.A. 2014. Graph Theory Practice for Tactile Characteristics Measuring Means Design. Trudy SPIIRAN, 2(33), 27–44.

21. Щербинина Н.В. 2014. Алгоритм определения субпиксельных координат точечного объекта. Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика, Т. 29, 1–1 (172), 88–93.

Shcherbinina N.V. 2014. Algorithm for of determination subpixel coordinates of point targets. Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika, Issue 29, 1–1 (172), 88–93.

22. Корсунов Н.И., Егоров Д.В. 2014. Применение методов теории графов для проектирования средств измерения тактильных параметров. Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика, Т. 30, 8–1 (179), 76–82.

Korsunov N.I., Egorov D.V. Mathematical model for determining the spatial coordinates by passive radar. 2014. Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika, Issue 30, 8–1 (179), 76–82.

УДК 004.8:316.42

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С УЧЕТОМ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ РИСКА

METHOD OF SOCIAL SECURITY ASSESSMENT WITH CONSIDERATION OF TECHNOGENIC RISK FACTORS

В.В. Ломакин, Р.Г. Асадуллаев, А.В. Кисиленко
V.V. Lomakin, R.G. Asadullaev, A.V. Kisilenko

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

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

lomakin@bsu.edu.ru, asadullaev@bsu.edu.ru, kisilenko@bsu.edu.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке методики оценки социальной безопасности на основании определения весомостей социальных рисков с учетом техногенных факторов. Систематизированы социальные риски и техногенные факторы формирования уровня социальной безопасности. Раскрыты множественные связи между социальными рисками и диагностическими параметрами, выраженными в форме техногенных факторов. Проведена оценка весовых коэффициентов показателей социальной безопасности для каждого типа социального риска. Построены алгоритмы оценки весомостей альтернатив для вопросов с несколькими вариантами ответа. В предложенной методике оценки социальной безопасности использована разработанная модель оценки интегрированного уровня социальной безопасности. Полученные результаты могут быть использованы при принятии управленческих решений по снижению уровня социальных рисков.

Resume. The article is devoted to the development of method for the social security assessment on the basis of social risks weight determination, taking into account technogenic factors. The social risks and technogenic factors of the social security formation were systematized. The authors revealed the multiple links between social risks and diagnostic parameters, expressed in the form of technogenic factors. The weights of social security coefficients for each type of social risk were estimated. The algorithms were constructed to assess the weight of the alternatives for multiple choice questions. The proposed method of the social security assessment based on the developed model which performs the assessment of the integrated level of social security. The results can be used in decision making management for the reduction of the social risks level.

Ключевые слова: модель оценки риска, оценка социальной безопасности, социальные технологии, социальные риски.
Keywords: risk assessment model, assessment of social security, social technology, social risks.

В условиях интенсификации социальных рисков как следствия трансформации среды обитания человека обеспечение устойчивости, безопасности общества становится приоритетным направлением государственной политики. Социальная безопасность при этом трактуется либо как состояние защищенности субъекта (личности, общества) от различных угроз, либо как система средств (политических, юридических, социально-экономических, организационно-управленческих, медико-профилактических, культурных и других), направленных на устранение факторов социального риска, представляющих угрозу функционированию и развитию личности и общества» [1].

Состояние социальной безопасности и уровень ее стабильности определяют характер всей совокупности отношений, возникающих в пространстве среды обитания человека, которая рассматривается нами в контексте функционирования природно-экологической, информационной, социокультурной и техногенной сфер (при определяющей роли последней). Очевидно, что оценка данного состояния невозможна на основе рассмотрения лишь одного индикатора социальной безопасности без исследования их взаимосвязи в субсредовой структуре, а в некоторых случаях и пространственно-временной динамики.

В качестве основных элементов механизма обеспечения социальной безопасности выделяют:

- комплексный мониторинг происходящих в обществе социальных явлений и процессов;
- разработку критериев, количественных и качественных индикаторов (пороговых значений) состояния социальной безопасности, стабильности как всего общества, так и каждого субъекта;
- прогнозирование комплекса факторов социального риска;

- создание моделей социально значимых проектов; верификацию моделей и выявление случаев, когда модель и фактические параметры социального развития приближаются к пороговым значениям;

- разработку комплексных мер по выходу общества в целом или отдельного субъекта из зоны социальной опасности [2].

Информационной основой для определения должного (идеального, ожидаемого) состояния объекта и разработки индикаторов социальной безопасности могут выступать статистические и социологические данные, информация ведомственного характера, отраслевых профильных организаций, исследовательских институтов, а также научные публикации и разработки.

Целью работы является разработка методики оценки социальной безопасности на примере техногенной среды. В рамках методики средствами теоретико-множественного аппарата систематизированы отношения параметров и факторов, влияющих на социальную безопасность, а также разработаны средства обработки и интеграции массовых опросов, являющихся основным средством определения уровня социальной безопасности.

В работе [3] представлена функциональная схема процесса управления социальными рисками, а также проведена систематизация основных параметров и факторов влияния. Для решения целей и задач научного исследования в качестве основных индикаторов социальной безопасности была выделена группа социальных рисков (*SR*) [4, 5]:

1) риск снижения качества жизни sr_1;

2) риск роста социальной напряженности sr_2;

3) риск вынужденной миграции sr_3;

4) риск роста социальной неопределенности sr_4.

Для описания реального состояния объекта, выявления деструктивных проявлений в его функционировании была проведена серия массовых опросов методом личного интервью по месту жительства респондентов. Исследование «Прогнозирование и управление социальными рисками» проводилось в рамках проекта РНФ «Прогнозирование и управление социальными рисками развития техногенных человекомерных систем в динамике процессов трансформации среды обитания человека» 2014–2016 г. среди россиян в возрасте старше 18 лет по репрезентативной для российских регионов выборке в 59 населенных пунктах десяти субъектов Российской Федерации, методом личного интервью по месту жительства респондентов. Для отбора респондентов были рассчитаны половозрастные квоты, репрезентирующие население отдельных регионов с учетом региональных особенностей. Объем выборки составил 3400 человек. Руководитель исследования – д-р. соц. н., проф. Ю.А. Зубок.

Диагностика социальной безопасности сводится к тому, чтобы при помощи параметров, связанных с определенными социальными рисками среды обитания человека, выявить из множества возможных ее состояний наиболее вероятное. Построение модели социальной безопасности (*SB*) в условиях развития техногенных факторов трансформации среды обитания предполагает выявление зависимости уровня безопасности от уровня развития *SR*. Однако в данном контексте необходима оценка уровня *SR* от показателей (факторов трансформации среды обитания), влияющих на уровень безопасности. При этом на каждый *SR* влияет отдельно взятая группа показателей. Сформируем множество показателей социальной безопасности PSB, которые, оказывая влияние на *SR*, формируют общий уровень социальной безопасности.

$$PSB = \{psb_i\},\ i = \overline{1,h}$$

Элементами множества PSB являются следующие показатели:

- psb_1 здоровье;
- psb_2 возможность приобретения товаров (услуг);
- psb_3 занятость и качество трудовой жизни;
- psb_4 протестный потенциал;
- psb_5 социальная атмосфера;
- psb_6 психоэмоцианальное состояния;
- psb_7 миграционный потенциал;
- psb_8 вектор миграционных потоков;
- psb_9 отражение неопределенности в сознании;
- psb_{10} уровень доверия;
- psb_{11} изменение социальной реальности.

На основании результатов массового опроса экспертами определены наиболее значимые показатели $|PSB| = h = 11$, формирующие интегрированный показатель уровня социальной безопасности. Задачей диагностики при использовании нескольких диагностических параметров является раскрытие множественных связей между ними и структурными параметрами (рис. 1).

Рис. 1. Схема объекта диагностирования
Fig. 1. Driving diagnosis object

В качестве диагностических параметров sr_1 были выделены: здоровье, занятость и качество трудовой жизни, возможность приобретения товаров (услуг).

В основе уровня sr_2 лежат параметры связанные, во-первых, с психоэмоциональным состоянием населения (тревожность, страх, растерянность и др.); во-вторых, с функционированием общественно-политической системы (протестный потенциал); в-третьих, общей реакцией социума (социальная атмосфера).

Диагностическими параметрами оценки sr_3 являются: миграционный потенциал и вектор миграционных потоков.

Уровень sr_4 проявляется в поведенческих моделях (показатель доверия), изменениях социальной реальности, самооценке средовой опасности/безопасности.

Модель оценки *SB* представляет собой сложную систему, сведения об элементах и взаимосвязях которой получают на основании результатов опроса респондентов из различных регионов. *SB* в условиях трансформации среды обитания позволяет:

1) сформулировать условия выделения из множества *SB* двух подмножеств социально безопасных и социально опасных состояний;

2) установить признаки возникших социальных опасностей;

3) получить критерии для оценки социальной безопасности объекта диагностики;

4) установить соответствие между пространством состояний *SB* и пространством диагностических параметров.

Множество социальных рисков SR представим в форме множества их оценок с позиции социальной безопасности OSR.

$$OSR = \{osr_i\},\ i = \overline{1,4}$$

Для оценки интегрированного уровня социальной безопасности $IUSB$ (1) разработаем методику оценки социальной безопасности с учетом решений, представленных на схеме (рис. 1).

На уровень социальной безопасности оказывают влияние оценки социальных рисков, рассмотренных в данном исследовании. При этом $\sum_{i=1}^{4} v_i = 1$.

$$IUSB = \sum_{i=1}^{4} (v_i * osr_i), \quad (1)$$

где osr_i – оценка i-го социального риска;

v_i – вес i-го риска при оценке социальной безопасности.

На основании массового опроса было установлено, что доля вклада каждого риска в выражение (1) является равнозначной, что в результате приводит к выражению (2).

$$IUSB = 0{,}25 * \sum_{i=1}^{4} osr_i \quad (2)$$

Далее проводится оценка каждого риска. В ходе анализа и обработки данных социологического исследования были выявлены следующие зависимости рисков и показателей:

- osr_1 оценивается показателями здоровья, возможностью приобретения товаров (услуг), занятостью и качеством трудовой жизни;
- osr_2 оценивается показателями протестного потенциала, социальной атмосферы, психоэмоционального состояния;
- osr_3 оценивается показателями миграционного потенциала, вектором миграционных потоков;
- osr_4 оценивается показателями отражения неопределенности в сознании, уровем доверия, изменением социальной реальности.

Выражение (3) определяет расчет уровня каждого риска. При этом $\sum_{j=1}^{h} w_j = 1$.

$$osr_i = \sum_{j=1}^{h} (w_j * psb_j), \quad (3)$$

где osr_i - оценка i-го социального риска;

w_j - вес j-го показателя при оценке i-го социального риска;

psb_j - оценка j-го показателя.

Объединив выражения (2) и (3), получаем выражение (4), с помощь которого вычисляем оценку уровня социальной безопасности с учетом векторов значений для каждого социального риска, заданного отдельным набором параметров.

$$IUSB = 0{,}25 * \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{h} (w_j * psb_j) \quad (4)$$

Для определения весовых коэффициентов параметров w_j необходимо построение отношения $PSB \times OSR$ (5). Весовые коэффициенты w_{lp}, $l = \overline{1,h}$, $p = \overline{1,4}$ изменяются в интервале $[0..1]$. Если параметр не оказывает влияния на риск, то его вес принимаем равным нулю.

$PSB \times OSR$	osr_1	osr_2	osr_3	osr_4
psb_1	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}
psb_2	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}
psb_3	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}
psb_4	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}
psb_5	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}
.....				
psb_h	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}	w_{lp}

(5)

На основании массового опроса и выражения (5) построено отношение $PSB \times OSR$ (6), отражающее вес параметров для каждого риска.

Таким образом, для расчета уровня социальной безопасности необходимо оценить каждый параметр. При этом параметры будут оценены в интервале $[0..1]$ для нормирования расчетов и построения универсальных выражений оценки параметров. Каждый параметр оценивается одним или группой вопросов, которые были сопоставлены экспертным путем.

На основании проведения исследований соответствующих данных по регионам предполагается получение среднестатистического распределения результатов ответов на вопросы, которые яв-

ляются оценкой уровня соответствующих параметров и принимают значение в интервале $[0..1]$. Задаваемые респондентам вопросы условно делятся на два типа:

1) вопросы с несколькими вариантами ответа, из которых нужно выбрать один верный;

2) вопросы, в которых необходимо дать оценку каждому варианту, чтобы произвести дальнейшую декомпозицию на более мелкие вопросы.

$PSB \times OSR$	osr_1	osr_2	osr_3	osr_4
psb_1	0,4	0	0	0
psb_2	0,35	0	0	0
psb_3	0,25	0	0	0
psb_4	0	0,4	0	0
psb_5	0	0,25	0	0
psb_6	0	0,35	0	0
psb_7	0	0	0,6	0
psb_8	0	0	0,4	0
psb_9	0	0	0	0,33
psb_{10}	0	0	0	0,33
psb_{11}	0	0	0	0,33

(6)

Формализуем процесс оценки вопросов первого типа, учитывая, что вес каждого варианта ответа одинаков. Пусть имеется подобный вопрос с n_1 вариантами ответов и распределением ответов, выраженным в процентном либо количественном соотношении (7), при этом $\sum_{q=1}^{n_1} vo_q = 1$.

Вопрос	Распределение ответов (%)
Вариант 1	vo_1
Вариант 2	vo_2
Вариант 3	vo_3
.....	
Вариант n_1	vo_{n1}

(7)

Тогда алгоритм оценки вопроса будет состоять из следующих последовательных шагов:

1. Проводится нумерация вариантов ответов целыми числами, начиная с 1. Полученные значения будут выступать в качестве весовых коэффициентов каждого варианта ответа. В процессе нумерации необходимо учесть тот факт, что в результате оцениваются социальные риски, следовательно, максимальное значение должен иметь вариант, приводящий к повышению риска (8). Например, при оценке параметра «здоровье», максимальное значение будет означать «очень плохое».

Вопрос		
Вес варианта (vv)	Вариант ответа	Распределение ответов vo (%)
1	Вариант 1	vo_1
2	Вариант 2	vo_2
3	Вариант 3	vo_3
.....		
n_1	Вариант n_1	vo_{n1}

(8)

2. Оценивается вклад каждого ответа в общую оценку вопроса IOV, умножая его вес vv на распределение ответов vo, и суммируя каждое произведение (9).

$$IOV = \sum_{q=1}^{n_1} (vv_q * vo_q) \tag{9}$$

3. Проводится нормирование выражения (9) посредством вычитания 1 из (9) и деления результата на $n_1 - 1$. Следовательно, выражение (9) принимает вид (10).

$$IOV = \frac{\sum_{q=1}^{n_1}(vv_q * vo_q) - 1}{n_1 - 1} \quad (10)$$

Таким образом, выражение (10) оценивает каждый вопрос первого типа в интервале $[0..1]$. Каждый показатель может оцениваться $m = m_1 + m_2$ вопросами (m_1 – количество вопросов первого типа, m_2 – количество вопросов второго типа). Следовательно, вес каждого вопроса принимается равным $\frac{1}{m}$. На основании (10), выражение оценки показателя социальной безопасности psb_{j1} с учетом вопросов первого типа принимает вид (11).

$$psb_{j1} = \frac{1}{m} * \sum_{z=1}^{m_1}\left(\frac{\sum_{q=1}^{n_1}(vv_q * vo_q) - 1}{n_1 - 1}\right) \quad (11)$$

Формализация процесса оценки вопросов второго типа основывается на предположении, что вес каждого варианта ответа одинаков. При этом каждый вариант ответа представляется в форме вопроса с распределением ответов в диапазоне заданной шкалы. Допустим, имеется подобный вопрос с n_2 вариантами ответов и распределением ответов, выраженным в процентном либо количественном соотношении. При этом по каждому варианту ответа выполняется $\sum_{k=1}^{n_2} vobch_k = 1$. Тогда алгоритм получения численного значения оценки для соответствующего вопроса будет состоять из следующих шагов:

1. Проводится нумерация вариантов ответов целыми числами, начиная с 1. В процессе нумерации необходимо учесть тот факт, что в результате оцениваются социальные риски, следовательно, максимальное значение должен иметь вариант, приводящий к повышению риска (12). Значения соответствуют весам каждого варианта ответа.

Вопрос				
Вес варианта (vv)	Вариант ответа			
	Вариант ответа	Вес бальной шкалы ($vbch$)	Бальная шкала	Распределение ответов (%)
1	Вариант 1	1	bch_1	$vobch_1$
		2	bch_2	$vobch_2$
		.....		
		k	bch_k	$vobch_k$
2	Вариант 2	1	bch_1	$vobch_1$
		2	bch_2	$vobch_2$
		.....		
		k	bch_k	$vobch_k$
.....				
n_2	Вариант n_2	1	bch_1	$vobch_1$
		2	bch_2	$vobch_2$
		.....		
		k	bch_k	$vobch_k$

(12)

2. Оценивается вклад каждого ответа в общую оценку вопроса IOV, умножая его вес vv на интегральную оценку варианта ответа $IOVO$, и суммируя каждое произведение (13).

$$IOV = \sum_{q=1}^{n_2}(vv_q * IOVO_q) \quad (13)$$

3. Оценивается вклад каждого ответа в общую оценку варианта ответа $IOVO$, умножая его вес $vbch$ на распределение ответов $vobch$, и суммируя каждое произведение (14).

$$IOVO_q = \sum_{f=1}^{k}(vbch_f * vobch_f) \tag{14}$$

4. Проводится нормирование выражения (14) посредством вычитания 1 из (14) и деления результата на $k-1$. Таким образом, выражение (14) принимает вид (15).

$$IOVO_q = \frac{\sum_{f=1}^{k}(vbch_f * vobch_f) - 1}{k-1} \tag{15}$$

5. С учетом (15) выражение (13) принимает вид (16).

$$IOV = \sum_{q=1}^{n_2}(vv_q * (\frac{\sum_{f=1}^{k}(vbch_f * vobch_f) - 1}{k-1})) \tag{16}$$

6. Проводится нормирование выражения (16) посредством вычитания 1 из (16) и деления результата на $n_2 - 1$. Таким образом, выражение (16) принимает вид (17).

$$IOV = \frac{\sum_{q=1}^{n_2}(vv_q * (\frac{\sum_{f=1}^{k}(vbch_f * vobch_f) - 1}{k-1})) - 1}{n_2 - 1} \tag{17}$$

Выражение (17) оценивает каждый вопрос второго типа в интервале $[0..1]$. Если показатель psb_j оценивается m_2 вопросами второго типа, то на основании выражения (17), выражение оценки показателя социальной безопасности psb_{j2} принимает вид (18).

$$psb_{j2} = \frac{1}{m} * \sum_{z=1}^{m_2}(\frac{\sum_{q=1}^{n_2}(vv_q * (\frac{\sum_{f=1}^{k}(vbch_f * vobch_f) - 1}{k-1})) - 1}{n_2 - 1}) \tag{18}$$

Обобщая выражения (11) и (18) получается выражение (19) для интегральной оценки каждого параметра psb_j в зависимости от двух типов вопросов.

$$psb_j = \frac{psb_{j1} + psb_{j2}}{2} = \frac{\frac{1}{m} * ((\sum_{z=1}^{m_1}(\frac{\sum_{q=1}^{n_1}(vv_q * vo_q) - 1}{n_1 - 1})) + (\sum_{z=1}^{m_2}(\frac{\sum_{q=1}^{n_2}(vv_q * (\frac{\sum_{f=1}^{k}(vbch_f * vobch_f) - 1}{k-1})) - 1}{n_2 - 1})))}{2} \tag{19}$$

Подставляя выражение (19) в выражение (4) получаем выражение (20) для оценки уровня социальной безопасности с учетом индивидуальных наборов значений для каждого социального риска.

$$IUSB = 0{,}25 * \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{h}(w_j * (\frac{\frac{1}{m} * ((\sum_{z=1}^{m_1}(\frac{\sum_{q=1}^{n_1}(vv_q * vo_q) - 1}{n_1 - 1})) + (\sum_{z=1}^{m_2}(\frac{\sum_{q=1}^{n_2}(vv_q * (\frac{\sum_{f=1}^{k}(vbch_f * vobch_f) - 1}{k-1})) - 1}{n_2 - 1})))}{2})) \tag{20}$$

Таким образом, разработана методика оценки социальной безопасности в условиях развития техногенных факторов трансформации среды обитания, которая на основании модели (рис. 1), отношения (6), построенного на основании массового опроса и модели оценки и интеграции вопросов (20), позволяет формировать заключение об уровне социальной безопасности. При этом диапа-

зон значения уровня социальной безопасности, находящийся в интервале $[0..1]$, может классифицироваться экспертами по несколько выделенных ими уровней. Например:

- низкий уровень социальной безопасности $[0..0,33]$;
- средний уровень социальной безопасности $[0,34..0,66]$;
- высокий уровень социальной безопасности $[0,67..1]$.

В зависимости от результатов, полученных на основании опроса и применения (20), уровень социальной безопасности попадает в один из выделенных диапазонов. Далее эксперт анализирует факторы, определившие полученный уровень социальной безопасности. Особое место занимают граничные значения уровня социальной безопасности, которые при соответствующих управленческих решениях можно сместить в сторону понижения уровня социальной безопасности.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 14-38-00047 «Прогнозирование и управление социальными рисками развития техногенных человекомерных систем в динамике процессов трансформации среды обитания человека».

Список литературы
References

1. Пилипенко, В. Социум, безопасность, риски // Социология: теория, методы, маркетинг. 2001. № 4. С. 211.

Pilipenko, V. Socium, bezopasnost', riski // Sociologija: teorija, metody, marketing. 2001. № 4. S. 211.

2. Зеркалов, Д.В. Социальная безопасность: Монография. Электрон. данные. К.: Основа, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. требования: Pentium; 512 Mb RAM; Windows 98/2000/XP; Acrobat Reader 7.0.

Zerkalov, D.V. Social'naja bezopasnost': Monografija. Jelektron. dannye. K.: Osnova, 2012. – 1 jelektron. opt. disk (CD-ROM); 12 sm. – Sistem. trebovanija: Pentium; 512 Mb RAM; Windows 98/2000/XP; Acrobat Reader 7.0.

3. Асадуллаев, Р.Г. Формальные средства прогнозирования и управления социальными рисками / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информматика. - 2015. - № 13(210) вып.35/1. – С. 150–156.

Asadullaev, R.G. Formal'nye sredstva prognozirovanija i upravlenija social'nymi riskami / R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. - 2015. - № 13(210) vyp.35/1. – S. 150–156.

4. Асадуллаев, Р.Г. Информационная система оценки рискогенного комплекса среды обитания человека / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, А.В. Кисиленко // Научные ведомости БелГУ - 2015. - № 19(216) вып.36/1. – С. 137–143.

Asadullaev, R.G. Informacionnaja sistema ocenki riskogennogo kompleksa sredy obitanija cheloveka / R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin, A.V. Kisilenko // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. - 2015. - № 19(216) vyp.36/1. – S. 137–143.

5. Асадуллаев, Р.Г. Разработка функциональной модели процесса оценки социальных рисков в техногенной сфере / Р.Г. Асадуллаев, И.С. Шаповалова, А.В. Кисиленко // Научно-технический вестник Поволжья: научный журнал. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья - 2015. - № 6. – С. 75–77.

Asadullaev, R.G. Razrabotka funkcional'noj modeli processa ocenki social'nyh riskov v tehnogennoj sfere / R.G. Asadullaev, I.S. Shapovalova, A.V. Kisilenko // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja: nauchnyj zhurnal. – Kazan': Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja - 2015. - № 6. – S. 75–77.

УДК 658.51.012

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ И МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ

ANALYSIS OF THE PRINCIPLES AND METHODS OF CONSTRUCTION CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESS

О.М. Пигнастый
O.M. Pignasty

Национальный технологический университет «Харьковский политехнический институт», Украина, 61000, Харьков, ул. Фрунзе, 21

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», 21 Frunze St, Kharkiv, 61000, Ukraine

e-mail: pom7@bk.ru

Аннотация. В статье приведен обзор действующих ГОСТов и дан основанный на них краткий анализ основных элементов технологического процесса – труд, средство труда, предмет труда. Представлены определения технологического процесса, изделия, технологической операции, средств труда, свойства и параметра изделия. Рассмотрены элементы производственной структуры предприятия. Дан анализ типов производства и систем управления ими. Определены главные задачи планирования в условиях единичного, серийного и массового производства. Представлены основные микро- и макропараметры (показатели) производственного процесса. Рассмотрены методы организации различных типов производства. Обоснован выбор плановых учетных единиц производственной системы. Рассмотрена формализация разных технологических операций. Показано, что выполнение технологической операции связано с переносом технологических ресурсов на предмет труда с целью изменения его свойств, каждое из которых определяется введенными параметрами.

Resume. The article provides an overview of current state standards and is given analysis of the main elements of the process - labor, means of labor, objects of labor. Presents the definition of the process, product, technological operation, the means of labor, properties and parameters of the product. The elements of the production structure of the enterprise. The analysis of the types of production and management systems gives. Identify the main planning tasks in a single, serial and mass production. The article presents the basic micro and macro parameters (parameters) of the production process. The article describes the methods of the organization of various types of production. The author justifies the choice of the planned accounting units of the production system. The article deals with the formalization of various technological operations. The researcher suggests that technical operations associated with the transfer of technological resources on the subject of work in order to change its properties, each of which is determined by the parameter.

Ключевые слова: технологический процесс, технологическая операция, предмет труда, средства труда, свойства и параметра изделия, тип производства, методы организации, PDE-модели поточных линий, система управления поточным производством, статистические модели производственных систем.

Keywords: process, process operation, the subject of labor, means of labor, properties and parameters of the product, the type of production, methods of organization, PDE-model production lines, production management system , statistical models of manufacturing systems.

Введение

Производство представляет собой сложный процесс превращения сырья, материалов и полуфабрикатов в готовую продукцию [1–4]. Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда (ГОСТ 3.1109.82) [5]. Основными элементами технологического процесса являются труд, средства труда и предметы труда. Технологический процесс может быть отнесен к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки (ГОСТ 3.1109.82) [5]. Изготовление продукции с заданными свойствами обеспечивается средствами труда – оборудованием, инструментами, приспособлениями, оснасткой, производственными зданиями, с помощью которых человек воздействует на предмет труда. Предмет труда – то, на что направлена деятельность человека в процессе производства, а именно: сырье, материалы, полуфабрикаты, детали и незаконченная продукция (заготовки) [5]. Совокупность предметов труда и средств составляют средства производства. Каждое изделие характеризуется свойствами. Свойство изделия – объективная особенность, которая проявляется при его создании [6]. Признак, количественно характеризующий свойства или состояние изделия называется параметром изделия [6]. Разность между наибольшим и наименьшим предельными значениями параметров изделия задает допуск на параметр. По мере

превращения в готовую продукцию предметы труда проходят отдельные, хорошо различимые во времени и пространстве стадии обработки, что позволяет их рассматривать в качестве объектов планирования и управления. Последовательное изменение состояния или свойств предметов труда происходит в процессе перехода от одной технологической операции к другой. Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (ГОСТ 3.1109.82) [5], делится на элементы: технологический и вспомогательный переход, установ, закрепление, рабочий и вспомогательный ход, прием, наладка, подналадка [5]. Описание технологических процессов различают по степени детализации. Стандартными являются маршрутное (сокращенное описание всех операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов) и операционное (полное описание всех операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов) описание технологического процесса [5]. Предмет труда, подлежащий производству, является изделием [7]. Изделия в ходе технологического процесса согласно ГОСТ 2.101.68 в зависимости от степени готовности и использования подразделяются на детали, комплексы, комплекты, сборочные единицы [7]. Продукция, находящаяся на промежуточных стадиях обработки, образует незавершенное производство [8], необходимое для ликвидации асинхронности в производительности технологических единиц внутри цеха и между цехами непосредственно [9]. Оборотный [10], минимальный или страховой задел характеризуют незавершенное производство [10, 11].

Производственная структура предприятия. Анализ типов производства и систем управления ими

Выполнение технологических процессов сосредоточено в подразделениях, образующих производственную структуру предприятия. В промышленности выделяют три типа производственной структуры предприятий – технологическую, предметную и предметно-технологическую. Основным производственным подразделением предприятия является цех – обособленная часть предприятия, содержащая законченный технологический процесс или его логически законченную часть [12]. Под организацией, планированием и управлением производственным процессом понимается совокупность методов использования труда, средств и предметов труда. В ходе развития производственных отношений выработаны принципы эффективной организации технологического процесса – специализация участков и рабочих мест; синхронизация ритма выполнения технологических операций; параллельность выполнения технологических операций; непрерывность технологического процесса; уменьшение межоперационных заделов. Одним из показателей уровня организации технологического процесса является продолжительность производственного цикла – интервала времени от начала до окончания производственного процесса изготовления изделия [13, 14].

Таблица 1
Table 1

Характеристики технологического процесса
Characteristics of the process

<table>
<tr><th rowspan="2">Характеристики</th><th colspan="5">Тип производства</th></tr>
<tr><th colspan="2">Единичное</th><th colspan="2">Серийное</th><th>Массовое</th></tr>
<tr><td>Определение типа производства</td><td colspan="2">изготовление небольшими сериями. Повторяемость выпуска нерегулярна.</td><td colspan="2">номенклатура изделий стабильна, повторяется; число операций значительно превышает количество рабочих мест</td><td>узкая специализация на выпуске устойчивой в течение длительного промежутка времени номенклатуре изделий</td></tr>
<tr><td>Система управления</td><td>заказная</td><td>комплектная</td><td>групповая</td><td>по заделам</td><td>по темпу выпуска</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Исходные данные для планирования производства</td><td rowspan="3">сроки начала и окончания этапов работ</td><td colspan="4">Технол. маршруты обработки деталей с указанием выполняемых операций, применяемого оборудования и норм выработки</td></tr>
<tr><td colspan="3">закрепление детале-операций за станками</td><td>темп выпуска и заделы незавершен. продукции</td></tr>
<tr><td colspan="3">месячное производственное задание по детали каждого наименования</td><td>квартальный, месячный, декадный план</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Основные макро-показатели производства</td><td colspan="2">производственный цикл, загрузка оборудования по периодам</td><td colspan="2">размера партий изделий и периодичность их изготовления</td><td>темп (ритм, такт)</td></tr>
<tr><td colspan="5">календарно-плановые опережения</td></tr>
<tr><td colspan="2">плотность работ на протяжении производственного цикла</td><td colspan="3">межоперационные заделы</td></tr>
</table>

Окончание табл. 1

Основные микро-показатели производства	длительность производственного цикла	норматив среднего межоперационного времени обработки заготовки
	норма расхода сырья и материалов на отдельных операциях	
	процентное освоения материалов на этапе выполнения работ	сменные нормы выполнения технологической операции
Задачи оперативного управления	контроль выполнения производственных планов	
	контроль выполнения сменных заданий	контроль заделов и оперативного регулирования выполнения планов
	контроль комплектации производства	контроль движения деталей вдоль технологического маршрута

Под типом производства понимается совокупность организационно-технических и социально-экономических особенностей построения производственного процесса, обусловленных повторяемостью и непрерывностью обработки предмета труда, технологией производства, технологической и организационной структурой производства, а также видом движения предметов труда (табл. 1).

Различают массовый, серийный и единичный типы производства, определяющиеся коэффициентом закрепления операций за рабочим местом (ГОСТ 3.1121.84) [15]. Массовый тип производства характеризуется узкой специализацией цехов и участков по выпуску продукции, ограниченным и устойчивым в течение длительного промежутка времени ассортиментом продукции. Основной задачей планирования является обеспечение движения обрабатываемых деталей по операциям в заданном темпе. Значительная часть календарно-плановых нормативов для массового типа производства носит устойчивый характер и непосредственно закладывается в основу планового регламента работы поточных линий. Планирование базируется на расчете темпа выпуска деталей и расчете нормативов межоперационных заделов. При серийном типе производства номенклатура изготовляемых изделий менее стабильна, но все же регулярно повторяется в программе выпуска, число выполняемых в цехах деталь-операций значительно превышает количество рабочих мест, что определяет изготовление изделия партиями [16].

Главная задача планирования в условиях серийного производства – обеспечение периодичности изготовления изделий в соответствии с плановым заданием. Повышение серийности достигается унификацией деталей и типизацией технологических процессов. Календарно-плановыми нормативами являются размер партии изделий с однократной затратой подготовительно-заключительного времени и периодичность их изготовления; продолжительность производственных циклов обработки и календарно-плановых опережений; расчет заделов. Определение нормативного размера партии служит базой для регламента периодичности переналадок оборудования. Параллельное изготовление разных видов продукции, дополняющих друг друга в структуре трудоемкости, обеспечивает более полную загрузку оборудования. Для сокращения длительности производственного цикла используют параллельно-последовательное движение деталей, определяемое коэффициентом параллельности выполнения технологических операций. Единичный тип производства характеризуется изготовлением изделий единицами или небольшими сериями [12, 16]. Повторяемость выпуска отсутствует, либо нерегулярна. Задача планирования производства заключается в изготовлении изделий в срок и равномерной загрузке производственных участков при заданном производственном цикле. Отличительной чертой единичного типа производства является тесная связь календарно-плановых нормативов с планированием технической подготовки производства. В изделиях наряду с оригинальными деталями имеются стандартные, в росте удельного веса которых заложен резерв повышения эффективности производства. Повышает технический уровень единичного производства групповой запуск деталей, обладающих конструктивно-технологическим сходством, что позволяет организовать их совместную обработку. Каждый тип производства может быть организован разными методами. Основными являются поточные, партионные и единичные методы организации производства. Наиболее эффективны поточные методы. При большой номенклатуре продукции и частых переналадках оборудования эффективны партионные и групповые методы. Для организации производства партионным методом большое значение имеет фактор равномерной работы участков по запланированным графикам, сокращение номенклатуры и повышение величины партий. При групповом методе обработки деталей разрабатывается групповой технологический процесс и изготавливается групповая оснастка. Совокупность методов, средств и принципов организации технологического процесса образуют систему планирования и управления производством. В задачи оперативного планирования и управления входит обеспечение ритмичной, равномерной работы предприятия по разработанному плану (табл. 2).

Выбор планово-учетных единиц (табл. 2) и периодов планирования и управления зависит от выбора системы управления. Дифференциальные методы построения систем планирования и управления применяются при массовом типе производства. Укрупненные методы используются в единичном и мелкосерийном производстве. Из основных систем управления выделяются системы по-детального управления и планирования, применяемые в массовом производстве, предусматривающие выдачу цеху подетальных программ выпуска продукции и загрузки рабочих мест. К системе подетального оперативного управления относится система управления по заделам, поддерживающая нормативный уровень межцеховых складских заделов и применяемая при установившейся номенклатуре. Система непрерывного оперативного управления дает возможность увязать работу технологических единиц при непрерывном выпуске продукции и выявить структуру незавершенного производства [8]. Системы управления в крупносерийном и серийном производстве построены на определении сроков запуска и выпуска партий деталей. Система планирования и управления по такту потока применяется для оперативного управления производственным процессом автоматических и непрерывно-поточных линий, осуществляется на основе определения тактов операций, строго сопряженных с тактом линии. В условиях серийного производства применяется комплектная система, предусматривающая планирование технологического процесса по сдаче продукции в комплектах деталей.

Таблица 2
Table 2

Системы оперативно-производственного управления
Systems operational production management

<table>
<tr><td rowspan="2">Планово-учетные единицы</td><td colspan="5">Типы производства</td></tr>
<tr><td>Единичное</td><td>Мелкосерийное</td><td>Серийное</td><td>Крупносерийное</td><td>Массовое</td></tr>
<tr><td colspan="6">Системы планирования и управления</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Партия деталей</td><td colspan="3" rowspan="4"></td><td colspan="3">складская</td></tr>
<tr><td colspan="3">по нормам заделов</td></tr>
<tr><td colspan="2">по срокам межцеховых подач</td></tr>
<tr><td>Деталь</td><td>по такту</td></tr>
<tr><td>Заказ на изделие</td><td colspan="2">по заказам</td><td colspan="3" rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Комплект на узел</td><td colspan="2">комплектно-узловая</td></tr>
<tr><td>Узлокомплект</td><td colspan="2">сетевое планирование</td><td></td></tr>
<tr><td>Цикловой комплект</td><td colspan="3">комплектно-групповая</td></tr>
<tr><td>Машинокомплект</td><td colspan="2" rowspan="3"></td><td colspan="3">машинокомплектная</td></tr>
<tr><td>Суткокомплект</td><td colspan="3" rowspan="2">непрерывное оперативное планирование</td></tr>
<tr><td>Условный комплект</td></tr>
</table>

Длительность цикла изготовления деталей, входящих в комплект, устанавливается по ведущей детали. Укрупненной системой планирования является позаказная система. Характеристики часто встречающихся систем оперативного планирования и управления производством представлены в табл. 2. Складская система планирования и управления применяется при планировании унифицированных деталей в серийном производстве, имеющих короткий производственный цикл и широкую применяемость. Позаказная система планирования используется в единичном и мелкосерийном производстве, охватывает весь процесс изготовления заказа, включая его техническую подготовку. Комплектно-узловая – используется в единичном производстве. При этом применяется многократная подача деталей на сборку несколькими очередями, что приводит к сокращению времени пролеживания деталей. Недостатки системы выражаются в трудности организации синхронной работы, так как в комплект включаются детали с разным маршрутом. Машино-комплектная система управления используется в серийном производстве с устойчивым выпуском номенклатуры изделий, обеспечивает простые методы расчета плановых показателей, но обладает недостатком – выпуск деталей планируется с одинаковым опережением, что влечет за собой пролеживание деталей. Вариантом машино-комплектной системы является система непрерывного управления. Планово-учетной единицей служит условный комплект, в который входят узлы и детали в количестве, равном среднесуточному потреблению. Рассмотренные системы планирования и управления используют соответствующие им модели управляемых производственных процессов. Появление нового класса PDE-моделей требует построения новых и совершенствования существующих систем планирования и управления производством.

Формализация технологической операции

Сущность формализации технологического процесса заключается в расчленении его на элементарные операции [17, с. 235], которые соответствуют элементам планирования и управления производственного процесса. Наиболее существенными элементарными операциями технологического процесса являются технологические операции или их составные части [5, 17, с. 236]. Обработка деталей, сборка, контроль качества и упаковка изделий являются элементарными операциями. Сложная технологическая операция описывается совокупностью формализованных частей операции. Совокупность простых операций представляется одной формализованной операцией в случае, когда дополнительная информация, которую можно было бы получить при более детальном описании процесса, является не существенной. Разделение технологического процесса на операции выполняется многими способами [5]. В силу неоднозначности возникает проблема выбора оптимального варианта представления технологического процесса в виде совокупности операций.

Выполнение операции над предметом труда связано с изменением его свойств. Изменение свойств предмета труда отображается наглядно, когда свойства описаны числовыми характеристиками. Выполнение операции над предметом труда связано с непрерывным изменением значений его параметров [6]. При построении математической модели операций выбирается система параметров, описывающих состояния (свойства) изделий и оборудования [18, 19]. В этом случае операция рассматривается как стохастический процесс переноса ресурсов на предмет труда, определяющий непрерывное изменение значений параметров изделий в результате взаимодействия с оборудованием. Математическая модель технологического процесса как совокупности формализованных операций представляет последовательность стохастических процессов переноса ресурсов на предмет труда [3]. Как показывает опыт моделирования производственных процессов [1–5] при построении математического аппарата ограничиваются набором небольшого количества абстрактных операций, соответствующих крупным классам формализованных операций [5, 17].

Для построения математической модели операций требуется выбрать систему величин, определяющую параметры состояния предметов труда [3, 17, с. 237]. Одним из существенных параметров обработки предмета труда является начальный момент времени обработки и моменты времени поступления j-го предмета труда на обработку m-ой операции [20]. Момент поступления $t_{j,m-1}$ j-го предмета труда к оборудованию для выполнения m-ой операции может быть детерминированным или случайным. В первом случае он жестко определяется закономерностями синхронизации отдельных операций в технологическом процессе, во втором случае – стохастическими колебаниями величин $t_{j,m}$. Для детерминированных последовательностей в качестве формализованной схемы используется зависимость, определяющая $t_{j,m}$ через известные величины $t_{(j-1),m}$ или $t_{j,(m-1)}$. В простейшем случае $t_{j,m}$ задается одним из соотношений [17, 20]:

$$t_{j,m} = t_{(j-1),m} + \Delta\tau_m , \qquad t_{j,m} = t_{j,m-1} + \Delta\tau_m \tag{1}$$

где $\Delta\tau_m$ -эффективное технологическое время обработки предмета труда на m-ой операции [21]. Для случайных последовательностей $t_{j,m}$ известны два вида формализации. Первый – основан на рассмотрении случайных приращений $\Delta\tau_m$ величин $t_{j,m}$, имеющих заданные законы распределения, второй – на описании последовательности $t_{j,m}$ как случайного потока однородных событий, по аналогии с потоками заявок теории массового обслуживания [17, 20]. Поток однородных событий оказывается достаточно просто реализуемой схемой представления величин, когда учет случайных отклонений не меняет смысла неравенств

$$t_{j,m} \geq t_{(j-1),m} . \tag{2}$$

Неравенство (2) соответствует движению предмета труда по свободной поточной линии, когда очередность следования предметов труда в пределах рассматриваемого интервала времени не нарушается или ее нарушение оказывается несущественным. Если порядок следования предметов труда оказывается существенным, то использование потоков однородных событий становится затруднительным. В этом случае удобно пользоваться законами распределения для случайных отклонений $\Delta\tau_m$ [17]. Помимо момента поступления, предмет труда характеризуется некоторым набором количественных характеристик, описываемых непрерывными параметрами $q_{j,k}$, а также качественными характеристиками, описываемыми дискретными параметрами [6]. В общем случае непрерывные и дискретные параметры предмета труда являются случайными величинами.

Моделирование операции обработки

Под формализованной операцией обработки понимается результат воздействия оборудования на предмет труда с целью переноса ресурсов, при котором меняется значение хотя бы одного из параметров предмета труда. К операциям обработки относятся операции, связанные с изменением размеров предмета труда, его положения в пространстве, сообщением ему дополнительного признака. Представление технологического процесса последовательностью операций не является однозначным. Комплекс оборудования, обеспечивающий выполнение операции обработки, является обобщенной единицей оборудования [20], независимо от реальной структуры и назначения. Операция обработки выполняется определенной обобщенной единицей оборудования. Для математического описания операции обработки необходимо установить соотношения между параметрами, определяющими воздействие оборудования на предмет труда в процессе обработки, что может быть представлено соотношением:

$$\Phi_m\left(t, q_{j,1}, q_{j,2}, \ldots, q_{j,k}, \ldots q_{j,N}, \beta_{m,1}, \beta_{m,2}, \ldots \beta_{m,i}, \ldots \beta_{m,i}, \beta_{m,I}\right) = \Phi^0_m, \qquad i = 1..I, \qquad m = 1..M. \qquad (3)$$

Случайными могут оказаться параметры предметов труда $q_{j,k}$ или параметры оборудования $\beta_{m,i}$. Независимо от природы возникновения возмущений применяется простейшая формализация данного процесса

$$\Phi_m\left(t, q_{j,1}, q_{j,2}, \ldots, q_{j,k}, \ldots q_{j,N}, \beta_{m,1}, \beta_{m,2}, \ldots, \beta_{m,i}, \ldots, \beta_{m,i}, \beta_{m,I}\right) = \Phi^0{}_m + \delta\Phi_m, \qquad (4)$$

где $\delta\Phi_m$ – случайные отклонения величины Φ_m от некоторого неслучайного значения $\Phi^0{}_m$. Соотношения (3) или (4) не исчерпывают математического описания операции обработки. Необходимо добавить зависимости, определяющие режим работы оборудования. Помимо (1) используются величины: $t^p{}_{j,m}$ – момент поступления j-го предметов труда к станку, $\Delta\tau^g{}_m$ – время, затрачиваемое на подготовку оборудования к выполнению следующей операции [21]

$$t^p{}_{j,m} = t^k{}_{j-1,m} + \Delta\tau^g{}_m \qquad (5)$$

Операция может начаться в любой момент, если выполнены необходимые условия: оборудование готово к работе и к нему поступил очередной предмет труда [17]. Простои оборудования, связанные с особенностями производственных циклов, включены в $\Delta\tau^g{}_m$ [21]. Имеются примеры технологических процессов [17, 20], которые характеризуются централизованным управлением производственными циклами. В качестве простейшего случая такого рода можно указать режим работы поточной линии, когда процесс обработки предметов труда жестко синхронизован с режимом сборки изделий на конвейере. Для таких производственных процессов используют предположение о том, что операция обработки начинается только в моменты времени, отстоящие друг от друга на величину длительности такта $\Delta\tau_{\max} = \max\{\Delta\tau_1, \Delta\tau_2, \ldots, \Delta\tau_m, \ldots, \Delta\tau_M\}$. Время подготовки оборудования к работе $\Delta\tau^g{}_m$ после окончания обработки предыдущего предмета труда обычно является случайной величиной с заданным законом распределения. Важнейшей характеристикой операции обработки является ее длительность $\Delta\tau_m$ [21], которая зависит как от свойств оборудования, так и от свойств предметов труда. Когда оборудование имеет жесткий такт работы, а случайные колебания величины несущественны, то $\Delta\tau_m$ является фиксированной неслучайной величиной, определяемой параметрами оборудования. Во многих работах [17, 22] $\Delta\tau_m$ представлено случайной величиной, вероятностные характеристики которой зависят от параметров оборудования. Достаточно часто описывают случайную величину $\Delta\tau_m$ с точностью до двух моментов [21]. Среднее значение $\Delta\tau_m$ зависит от параметров предметов труда, а дисперсия – от характеристик оборудования. Рассмотренное описание операции обработки может быть использовано при формализации широкого класса технологических процессов.

Моделирование операции сборки изделий

В отличие от операции обработки операция сборки предполагает участие нескольких предметов труда [23]. Среди них различается ведущее изделие (сборный узел) и ведомые полуфабрикаты (детали, присоединяемые к узлу). Для многих производственных процессов выбор предмета труда в качестве ведущего оказывается в большей степени условным. Под операцией сборки изделия понимается операция над совокупностью предметов труда, в результате которого изменяется значение хотя бы одного из параметров ведущего предмета труда за счет

присоединения к нему ведомых, а соответствующие ведомые предметы труда прекращают существование. Существенным параметром, определяющим режимы взаимодействия оборудования во времени, является длительность обработки $\Delta\tau_m$. Характеристики, связанные с взаимодействием элементов процесса во времени, могут быть описаны при построении формализованной схемы таким же образом, как для операции обработки.

Моделирование операции управления

Операции обработки и сборки являются основными технологическими операциями, составляющими фундамент производственного процесса. Формально они сведены к преобразованию параметров предметов труда при помощи соотношений вида (3). В отличие от этого операции управления сами по себе не изменяют параметров предметов труда, не оказывают влияния на их физические свойства и непосредственного отношения к обработке и сборке не имеют. В результате операций управления вырабатывается информация, необходимая для согласованной работы отдельных элементов. Задача управления заключается в настройке оборудования на режим, соответствующий параметрам поступающего предмета труда. В качестве примеров операций управления можно назвать регулирование такта производственного процесса, распределения предметов труда между параллельно работающим оборудованием, определение признаков прекращения или возобновления подачи предметов труда к оборудованию в зависимости от длины очереди, а также мероприятия, связанные с контролем хода производства и качества продукции. К операциям управления относятся операции регулирования усилий, температуры или других основных параметров, характерных для той или иной операции. Считается, что существует некоторый набор оборудования, называемый управляющим устройством, который обеспечивает выполнение операции управления. В общем случае при моделировании процессов управления объектами с участием человека встречаются и некоторые принципиальные трудности, требующие дополнительных исследований [24]. В результате операции управления извлекается информация о требуемых изменениях технологических режимов для рассматриваемого комплекса технологического оборудования с параметрами $\beta_{m,i}$. Эту информацию представляют в виде поправок $\Delta\beta_{m,i}$ к параметрам оборудования $\beta_{m,i}$:

$$\Delta\beta_{m,i} = \Delta\beta_{m,i}\left(t, q_{j,1}, q_{j,2}, \ldots, q_{j,k}, \ldots q_{j,N}, \beta_{m,1}, \beta_{m,2}, \ldots, \beta_{m,i}, \ldots, \beta_{m,i}, \beta_{m,I}\right). \quad (6)$$

Кроме соотношений (6) необходимо описать прохождение сигналов управления во времени. Существенным обстоятельством является привязка операции управления к длительности технологического акта, связанного с операцией. Может оказаться, что операция управления заканчивается до начала операции, а начинается после поступления соответствующего предмета труда. Такая схема имеет преимущества, когда наибольшее влияние на $\Delta\beta_{m,i}$ оказывают параметры поступающего предмета труда. Если задача управления состоит в поддержании стабильных значений параметров $q_{j,k}$ или стабильных режимов работы оборудования, то удобно считать, что операция управления начинается после окончания операции. Не исключается возможность одновременного выполнения операции и операции управления, причем соотношение (6) превращается в уравнение саморегулирования для $\beta_{m,i}$.

Формализация нарушений нормативного состояния параметров технологического процесса

Схемы формализации операций, основываются на предположениях о нормированном состоянии параметров производственного процесса [5–7]. Под нормированным состоянием параметров технологического процесса понимаются случаи, когда все контролируемые параметры процесса находятся в допустимых пределах [6, 7]. Однако реальные производственные процессы сопровождаются явлениями, способными вывести параметры процесса за допустимые пределы. Нарушения нормированного состояния параметров предмета труда, связаны с расстройством режима синхронизации, выходом из строя элементов оборудования, ремонтом, а также периодическими наладочными мероприятиями. Интервалы времени, определяющие синхронизацию операций, зачастую являются случайными величинами. Имеют место случаи образования очереди предметов труда у занятого оборудования, а также случаи простоя оборудования из-за отсутствия предметов труда. Если предмет труда поступает к оборудованию, выполняющему операцию над предыдущим предметом труда или находящимся в стадии подготовки к выполнению операции, то предмет труда ожидает начало операции, нормированное

течение производственного процесса не нарушается; полуфабрикат может ожидать начала операции в течение интервала времени $\Delta\tau^{\mathrm{pr}}{}_{m}$. Если $t^{\mathrm{n}}{}_{j,m} \le t^{\mathrm{p}}{}_{j,m} + \Delta\tau^{\mathrm{pr}}{}_{m}$, то технологический процесс протекает нормировано. В противном случае в момент времени $t > t^{\mathrm{p}}{}_{j,m} + \Delta\tau^{\mathrm{pr}}{}_{m}$ предмет труда исключается из технологического процесса. При горячей обработке детали в результате ожидания температура может снизиться до такой степени, что выполнение операции окажется невозможным. Происходит срыв производственного процесса из-за длительного ожидания, обрабатываемый или поступивший предмет труда исключается из технологического процесса (уходит в брак). Исключенный предмет труда может оказаться непригодным к дальнейшему использованию или быть способным к восстановлению, хранится вблизи станка и поступает на обработку, когда станок простаивает. Интервал ожидания $\Delta\tau^{\mathrm{pr}}{}_{m}$ в общем случае – случайная величина с заданным законом распределения. Из всевозможных случаев десинхронизации параметров производственных процессов выделяются простои оборудования, вызванные задержками в поступлении предметов труда. Нормированное течение процесса при этом может не нарушаться. Получение бракованного предмета труда при выполнении операции является случайным событием, полностью характеризуется вероятностью брака, которая зависит как от параметров предмета труда, так и от параметров оборудования. Вероятности появления брака рассматривают в виде зависимости от характеристик оборудования, описывающих его состояние как функцию интервала времени, прошедшего с момента последней наладки. По мере удаления от момента наладки станка качество выпускаемой продукции ухудшается. Целесообразно рассматривать брак как следствие выхода некоторых параметров изделий за допустимые пределы. При выходе из строя блока оборудования обрабатываемый предмет труда может оказаться бракованным с некоторой вероятностью. Если при отказе оборудования предмет труда оказался годным, необходимо следить за его движением по технологическому маршруту. При этом обработка предмета труда продолжается нормировано. Возможны ситуации, когда обработка предмета труда прекращается и продолжается после ввода оборудования в строй. При этом обработка предмета труда должна начаться сначала. При отказе оборудования необходимо иметь в виду два важных случая. В первом случае, при выходе из строя блока выходит из строя и оборудование. В другом – при выходе из строя блока или элемента оборудование полностью не отказывает, но качество его работы снижается, увеличивается вероятность брака, снижается период времени между последовательными наладками оборудования, увеличиваются отклонения параметров изделий после операции от их требуемых значений. Одним из существенных вопросов формализации производственных процессов является проблема определения неисправности или отказа оборудования. Время ремонта является случайной величиной с заранее известным законом распределения [6, 25]. При исследовании управляемого производственного процесса приходится сталкиваться с другого рода нарушениями – постепенными выходами оборудования из строя. Последствием износа оборудования является заметное увеличение доли бракованных изделий. Факт увеличения доли брака в зависимости от времени, прошедшего с момента очередной наладки оборудования может быть описан через вероятность появления брака. Рассмотренные последствия износа оборудования являются распространенными. Для ликвидации последствий износа оборудования принимаются специальные меры, которые сводятся к периодическим прерываниям производственного процесса на планово-предупредительные работы для замены или ремонта износившихся элементов. Время наладки считается случайной величиной с заданным законом распределения. Для формального описания закономерностей, связанных с наладкой оборудования, используются соответствующие типы систем массового обслуживания.

Заключение

Аналитические методы проектирования систем управлений производственными поточными линиями основываются на построении в фазовом пространстве состояний траекторий предметов труда. Фундаментом для построения эффективных предметно-технологических моделей управляемых производственных процессов, описывающих движение партии предметов труда по технологическому маршруту поточной линии, фундаментом которых являются законы сохранения, характеризующие процесс переноса ресурсов на предмет труда. Разработка детального предметно-технологического описания управляемого производственного процесса, основанного на стохастическом механизме переноса технологических ресурсов на предмет труда, в результате воздействия оборудования в ходе выполнения технологической операции, требует введения параметров, характеризующих состояние предмета труда в фазовом технологическом пространстве. Для введения параметров необходимо определиться с формализацией технологического процесса, а также его составных частей – технологических операций. При этом описание следует строить на уже известных определениях, что позволяет использовать существующую методологию построения техноло-

гических моделей для проектирования систем управления с использованием PDE-моделей (1–4). Проведенный в статье обзор и краткий анализ основных определений, используемых для описания технологического процесса, позволяет сформулировать основные из известных терминов ГОСТ, которые следует использовать для проектирования таких систем управления.

Список литературы
References

1. Пигнастый О.М. О новом классе динамических моделей поточных линий производственных систем / О.М. Пигнастый // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. - 2014. - № 31/1. - С. 147–157

Pignasty O.M. O novom klasse dinamicheskih modelej potochnyh linij proizvodstvennyh sistem / O.M. Pignasty // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. - 2014. - № 31/1. - S. 147–157

2. Пигнастый О.М. Обзор моделей управляемых производственных процессов поточной линии производственных систем // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. - 2015. - № 34/1. С.137–152

Pignastyj O.M. Obzor modelej upravljaemyh proizvodstvennyh processov potochnoj linii proizvodstvennyh sistem // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. - 2015. - № 34/1. S. 137–152

3. Пигнастый О.М. Статистическая теория производственных систем / О.М Пигнастый. - Харків: ХНУ, 2007. - 388 с.

Pignasty O.M. Statisticheskaja teorija proizvodstvennyh sistem / O.M Pignasty. - Harkiv: HNU, 2007. - 388 s.

4. Пигнастый О.М. Анализ моделей переходных управляемых производственных процессов / О.М. Пигнастый // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. - 2015. - № 35/1. - С. 133–144

Pignastyj O.M. Analiz modelej perehodnyh upravljaemyh proizvodstvennyh processov / O. M. Pignastyj // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. - 2015. - № 35/1. - S. 133–144

5. ГОСТ 3.1109.82. Термины и определения основных понятий. – М.: Госстандарт России, 2003. – 15 с.

GOST 3.1109.82. Terminy i opredelenija osnovnyh ponjatij. – M.: Gosstandart Rossii, 2003. –15 s.

6. ГОСТ 15467.79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Госстандарт России, 2001. – 25 с.

GOST 15467.79. Upravlenie kachestvom produkcii. Osnovnye ponjatija. Terminy i opredelenija. – M.: Gosstandart Rossii, 2001. – 25 s.

7. ГОСТ 2.101.68. Виды изделий. – М.: Госстандарт России, 1995. – 3 с.

GOST 2.101.68. Vidy izdelij. – M.: Gosstandart Rossii, 1995. – 3 s.

8. Пигнастый О.М. Задача оптимального оперативного управления макропараметрами производственной системы с массовым выпуском продукции / О.М. Пигнастый // Доповіді Національної академії наук України. – Київ: Видавничий дім «Академперіодика». – 2006. – № 5 – С. 79–85.

Pignasty O.M. Zadacha optimal'nogo operativnogo upravlenija makroparametrami proizvodstvennoj siste-my s massovym vypuskom produkcii / O.M. Pignasty // Dopovidi Nacional'noї akademiї nauk Ukraїni. – Kiїv: Vidavnichij dim «Akademperiodika». – 2006. – № 5 – S. 79–85.

9. Пигнастый О.М. Статистическая модель управления технологическим процессом / О.М. Пигнастый // Системний аналіз та інформаційні технології: Тези доповідей 14-ї Міжнародної науково-практичної конференції, (SAIT2012), (Київ, 24 квітня 2012). - Київ: НТУ «КПІ». - 2012. – С. 105–106.

Pignasty O. M. Statisticheskaja model' upravlenija tehnologicheskim processom / O. M. Pignasty // Sistemnij analiz ta informacijni tehnologiї: Tezi dopovidej 14-ї Mizhnarodnoї naukovo-praktichnoї konfe-rencii, (SAIT2012), (Kiїv, 24 kvitnja 2012). - Kiїv: NTU «KPI». - 2012. – S. 105–106.

10. ГОСТ 3.1109.82. Термины и определения основных понятий. – М.: Госстандарт России, 2003. – 15 с.

GOST 3.1109.82. Terminy i opredelenija osnovnyh ponjatij. – M.: Gosstandart Rossii, 2003. –15 s. (in Russian)

11. Демуцкий В.П. Стохастическое описание экономико-производственных систем с массовым выпуском продукции / В.П. Демуцкий, В.С. Пигнастая, О.М. Пигнастый // Доповіді Національної академії наук України. – Київ: Видавничий дім «Академперіодика». – 2005. – № 7. – С. 66–71.

Demuckij V.P. Stohasticheskoe opisanie jekonomiko-proizvodstvennyh sistem s massovym vypuskom produkcii / V.P. Demuckij, V.S. Pignastaja, O.M. Pignasty // Dopovidi Nacional'noї akademiї nauk Ukraїni. – Kiїv: Vidavnichij dim «Akademperiodika». – 2005. – № 7. – S. 66–71.

12. Разумов И.М. Организация и планирование машиностроительного произ-водства / И. М. Разумов, Л. Я. Шухгалтер – М.: Машиностроение, 1974. – 592 с.

Razumov I.M. Organizacija i planirovanie mashinostroitel'nogo proiz-vodstva / I. M. Razumov, L. Ja. Shuhgalter – M.: Mashinostroenie, 1974. – 592 s.

13. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. – М.: Госстандарт России, 2007. – 4 с.

GOST 14.004-83. Tehnologicheskaja podgotovka proizvodstva. Terminy i opredelenija osnovnyh ponjatij. – M.: Gosstandart Rossii, 2007. – 4 s.

14. Пигнастый О.М. Расчет производственного цикла с применением статистической теории производственно-технических систем / О.М. Пигнастый, В.Д. Ходусов // Доповіді Національної академії наук України. – Киев: Видавничий дім «Академперіодика». – 2009. – № 12. – С. 38–44.

Pignasty O.M. Raschet proizvodstvennogo cikla s primeneniem statisticheskoj teorii proizvodstvenno-tehnicheskih sistem / O.M. Pignasty, V. D. Hodusov // Dopovidi Nacional'noï akademiï nauk Ukraïni. – Kiev: Vidavnichij dim «Akademperiodika». – 2009. – № 12. – S. 38–44.

15. ГОСТ 3.1121.84. Общие требования к комплектности и оформлению на типовые и групповые технологические процессы (операции). – М.: Госстандарт России, 2005. –48 с.

GOST 3.1121.84. Obshhie trebovanija k komplektnosti i oformleniju na tipovye i gruppovye tehnologicheskie processy (operacii). – M.: Gosstandart Rossii, 2005. –48 s.

16. Летенко В. А. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием / В. А. Летенко, Б.Н.Родионов.– М.: Высшая школа, 1979.–Ч.2. –232 с.

Letenko V. A. Organizacija, planirovanie i upravlenie mashinostroitel'nym predprijatiem / V. A. Letenko, B.N.Rodionov.– M.: Vysshaja shkola, 1979.–Ch.2. –232 s.

17. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 356 с.

Buslenko N. P. Modelirovanie slozhnyh sistem / N. P. Buslenko. – M.: Nauka, 1978. – 356 s.

18.Armbruster D. Kinetic and fluid model hierarchies for supply chains. / D. Armbruster, D. Marthaler, C. Ringhofer // SIAM Multiscale Model Simul.– 2004. – № 1. – P. 43 – 61.

19. Азаренков Н. А. О законе возрастания энтропии технологического процесса. / Н. А. Азаренков, О. М. Пигнастый, В. Д. Ходусов // Доповіді Національної академії наук України. - Київ: Видавничий дім «Академперіодика». – 2012. – N5 – С. 32–37.

Azarenkov N. A. O zakone vozrastanija jentropii tehnologicheskogo processa. / N. A. Azarenkov, O. M. Pignastyj, V. D. Hodusov // Dopovidi Nacional'noï akademiï nauk Ukraïni. - Kiïv: Vidavnichij dim "Akademperiodika". – 2012. – N5 – S. 32–37.

20. Шкурба В. В. Планирование дискретного производства в условиях АСУ / В .В. Шкурба, В .А. Болдырева, А. А. Вьюн и др. / под ред. В. М. Глушкова. – К.: Техника, 1975. – 296 с.

Shkurba V. V. Planirovanie diskretnogo proizvodstva v uslovijah ASU / V .V. Shkurba, V .A. Boldyreva, A. A. V'jun i dr. / pod red. V. M. Glushkova. – K.: Tehnika, 1975. – 296 s.

21.Lefeber E. Modeling, Validation and Control of Manufacturing Systems / E.Lefeber, R.A.Berg, J.E. Rooda // – Proceeding of the 2004 American Control Conference. –Massa- chusetts. – 2004. – P. 4583 – 4588.

22. Пигнастый О. М. Инженерно-производственная функция предприятия с серийным или массовым выпуском продукции / О. М. Пигнастый // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Харьков: НАКУ. – 2005. – № 42(3). – С. 111 – 117.

Pignasty O. M. Inzhenerno-proizvodstvennaja funkcija predprijatija s serijnym ili massovym vypuskom produkcii / O. M. Pignasty // Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov. – Har'kov: NAKU. – 2005. – № 42(3). – S. 111 – 117.

23. Zhang Liang. System-theoretic properties of Production Lines: A dissertation submitted the degree of Doctor of Philosophy / Zhang Liang. – Michigan, 2009. – 289 p.

24. Первозванский А. А. Математические методы в управлении производством / А. А. Первозванский. – М.: Наука, 1975. – 616 с.

Pervozvanskij A. A. Matematicheskie metody v upravlenii proizvodstvom / A. A. Pervozvanskij. – M.: Nauka, 1975. – 616 s.

25. ГОСТ 50779.10-2000(ИСО 3534.1-93). Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.– М.: Госстандарт России, 2000. – 38 с.

GOST 50779.10-2000(ISO 3534.1-93). Statisticheskie metody. Verojatnost' i osnovy statistiki. Terminy i opredelenija.– M.: Gosstandart Rossii, 2000. – 38 s.

УДК 004.896, 504.064

ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ СХЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

ELECTRONIC MODEL OF THE SCHEME OF THE ADDRESS WITH WASTE

О.А. Иващук, А.В. Землякова, Н.В. Щербинина, С.П. Петров, Ж.А. Буряк, В.И. Федоров, Д.В. Богат
O.A. Ivashuk, A.V. Zemlyakova, N.V. Shcherbinina, S.P. Petrov, Zh.A. Buryak, V.I. Fedorov, D.V. Bogat

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

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

e-mail: ivashuk@bsu.edu.ru

Аннотация. Авторами разработана электронная модель схемы обращения с отходами для территории Белгородской области, позволяющая проводить комплексный визуализированный пространственный анализ, оценку и прогнозирование образования, размещения и движения отходов различного вида на территории региона. Разработка подобной модели отвечает требованиям Федерального закона «Об отходах производства и потребления», является составным элементом территориальной схемы обращения с отходами и информационным базисом для формирования управленческих решений по предотвращению и снижению негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду.

Resume. Authors developed the electronic model of the scheme of the address with waste for the territory of the Belgorod region allowing to carry out the complex visualized spatial analysis, an assessment and forecasting of education, placement and the movement of waste of various view of territories of the region. Development of similar model meets the requirements of the Federal law «About production wastes and consumption», is a component of the territorial scheme of the address with waste and information basis for formation of administrative decisions on prevention and decrease in negative impact of waste on health of the person and environment.

Ключевые слова: электронная модель, база данных, электронные карты, геоинформационные системы, схема обращения с отходами, твердые коммунальные отходы.

Keywords: electronic model, databases, electronic cards, geographic information systems, the scheme of the address with waste, solid municipal waste.

Введение

В соответствии с требованиями Федерального Закона «Об отходах производства и потребления» [1], в каждом субъекте Российской Федерации должна быть разработана территориальная схема обращения с отходами, в том числе твердыми коммунальными отходами (ТКО). Цели разработки подобной схемы:

– предотвращение/снижение негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду;

– обеспечение обращения с отходами в соответствии с требованиями действующего законодательства.

Одной из важнейших составляющих вышеуказанной территориальной схемы является электронная модель схемы обращения с отходами, которая (согласно требованиям [2]) включает алгоритмы организации и осуществления деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов, в том числе твердых коммунальных отходов; соответствующие базы данных (БД); обеспечивает процедуры ввода, обработки, анализа и представления данных, комплексный визуализированный анализ данных; обеспечивает возможность оценки выполнения сценариев перспективного развития системы обращения с отходами.

Основные принципы разработки электронной модели и территориальной схемы [3]:

- соблюдение прав человека на благоприятную окружающую среду;

- рациональное использование природных и иных материальных ресурсов, содержащихся в потребляемой товарах (продукции);

- предотвращение и снижение образования отходов, уменьшение количества размещаемых отходов;
- предотвращение образования объектов несанкционированного размещения отходов;
- совершенствование схемы движения отходов;
- обеспечение достоверности и доступности информации в сфере обращения с отходами.

Основная часть

Авторами была поставлена задача разработки электронной модели схемы обращения с отходами на территории Белгородской области. Учеными научно-исследовательской лаборатории интеллектуальных автоматизированных систем управления и Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов НИУ «БелГУ» совместно с сотрудниками департамента ЖКХ Белгородской области был проведен комплексный анализ:

- характеристик источников отходов (месторасположение, виды отходов, класс опасности, количество);
- объектов сбора, транспортирования, обработки, утилизации, обезвреживания, захоронения отходов;
- схемы движения отходов от источников образования к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, захоронения отходов;
- баланса количественных характеристик отходов;
- выявление основных проблем существующей системы обращения с отходами.

По результатам проведенного анализа разработаны БД, содержащие накопленный массив статистических данных по обращению с отходами; проведено научное обоснование и предложена перспективная схема движения отходов на рассматриваемой территории; сформированы рекомендации по эффективному развитию системы обращения с отходами с определением возможных целевых показателей.

Разработка электронных карт и создание модели схемы обращения с отходами были выполнены на платформе ArcGIS 10.1, позволяющей управлять базами пространственных данных растровых и векторных форматов, формировать выборку из баз геоданных на основе SQL-запросов с их графической визуализацией. Благодаря имеющемуся модулю Python возможно создавать дополнительные инструменты для решения специализированных задач.

Алгоритм создания электронной модели схемы обращения с отходами представлен на рисунке 1:

1. Получение исходных материалов. На данном этапе производится сбор статистической информации об объектах (количество жителей и организаций по населенным пунктам, объемы ТКО, объемы отходов по промышленным, медицинским, сельскохозяйственным предприятиям) и векторных данных, отображающих географические объекты.
2. Анализ полученных данных. На данном этапе проводится анализ статистической информации, выделяются объекты модели, определяются существенные атрибуты данных объектов, определяются слои, описывающие данные объекты.

Далее формируется решение о достаточности объема данных.

3. Разработка структуры атрибутивных таблиц. В рамках данного этапа разрабатывается структура таблиц, описывающих объекты модели, определяются поля таблиц и их типы.
4. Формирование и редактирование слоев создаваемой карты и таблиц к ним. Слои – это ресурсы карты. Слои определяют внешний вид и поведение данных на карте, например, вид символов и информацию во всплывающих окнах, могут содержать данные или ссылку на данные. Каждый слой определяет, как отображаются в нем географические данные и место их хранения в БД. База данных содержит исходные тематические слои с информацией об административных границах, населенных пунктах, объектах инфраструктуры и промышленности, природных объектах.
5. Ввод табличных и текстовых данных с характеристиками объектов, а именно: осуществляется заполнение атрибутивных таблиц статистическими данными, характеризующими объекты. Ввод данных может осуществляться как вручную, так и импортироваться из текстовых файлов и таблиц, например, Excel. Указанные данные позволяют на их основе различным образом визуализировать объекты, строить диаграммы, выполнять пространственный анализ и пространственные запросы. Например, можно изучить распределение объектов с определенными атрибутами.
6. Разработка знаковой системы – элементов компоновки карты: заголовков, легенды (то есть условных обозначений, которые составляют содержание карты).
7. Совмещение слоев, формирование картографического изображения тематических карт и его редактирование, включающее прорисовку слоев карты и проверку их наложения друг на друга, проверку их компоновки, а в случае наложения или образования промежутков между слоями – их редактирование.

При построении электронной модели схемы обращения с отходами на территории Белгородской области предварительная обработка данных проводилась в среде Excel: расчет объема отходов по отдельным населенным пунктам, предприятиям и учреждениям. Разработана структура атрибутивных таблиц для векторных данных; использованы инструменты «соединение таблиц» и «калькулятор поля» для внесения статистических данных из таблиц Excel в атрибутивные таблицы ArcGIS. В определенных случаях выполнялся геопространственный анализ данных, например, для расчета объемов образования ТКО в разрезе муниципальных образований. Для этого был использован инструмент «Пространственное соединение» модуля ArcGIS «Анализ», позволивший рассчитать суммы объемов образования ТКО по населенным пунктам, относящимся к одному поселению.

Следующий этап включает в себя работы по оформлению карт. На основании точечных объектов (населенных пунктов) были построены необходимые диаграммы, для чего общий объем образования отходов ранжирован по классам (в разных муниципальных образованиях они могут отличаться), которым в атрибутивной таблице заданы свои значения. Затем в «свойствах слоя» выбраны необходимые поля и задан размер, зависящий от класса, установлены параметры для надписей значений. Для исключения перекрывания надписей проведена ручная обработка данных с использованием алгоритма «градуированные цвета» и установлены классы объемов отходов по поселениям. Также настроено отображение объектов в слоях «автомобильные дороги», «реки», «водоемы» и границы в слоях «поселения», «муниципальные образования». Разработана структура соответствующей легенды. Проведена окончательная подготовка векторных слоев к формированию электронной модели.

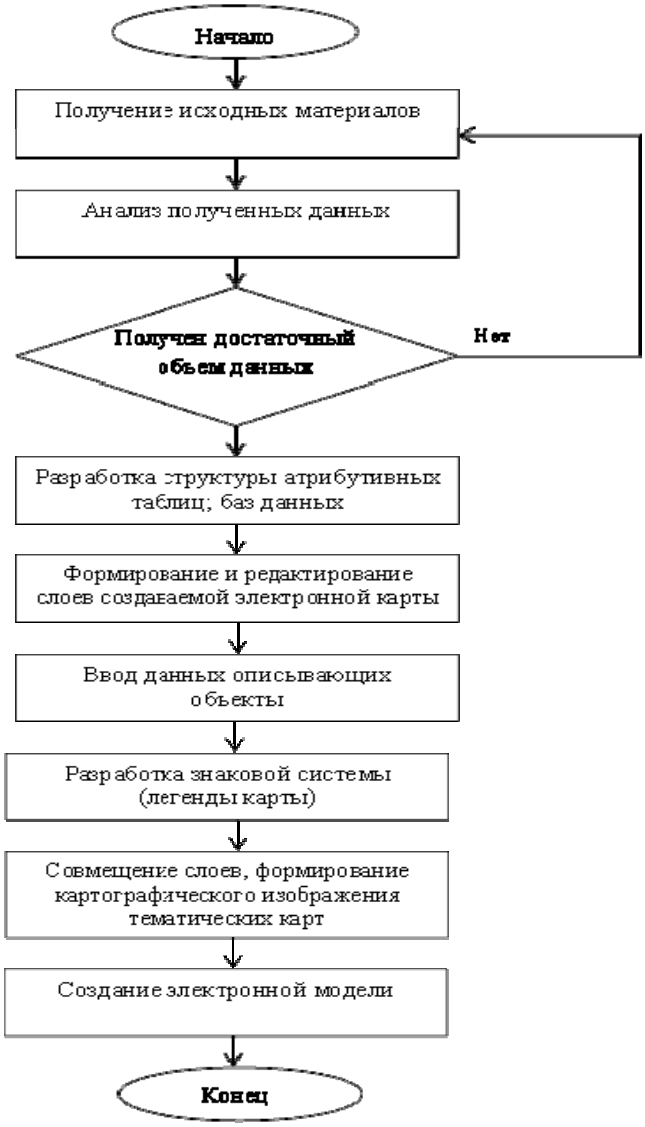


Рис. 1. Алгоритм создания электронной модели схемы обращения с отходами
Fig. 1. Algorithm for the creation of electronic model of waste management scheme

Созданные БД позволяют с использованием инструментов пространственного анализа создавать необходимые электронные картографические материалы для представления анализа следующего вида:

- распределение объемов ТКО по Белгородской области в разрезе муниципальных образований и по видам источников (население, бюджетные организации и пр. источники);
- распределение промышленных отходов по территории Белгородской области;
- объемы и распределение основных групп органических отходов;
- объемы и распределение классов медицинских отходов;
- размещение отходов на территории Белгородской области;
- распределение мест сбора, обработки, утилизации, обезвреживания отходов;
- существующая схема движения отходов по территории Белгородской области;
- перспективная схема размещения и движения отходов по территории Белгородской области.

На последнем этапе разработки электронной модели схемы обращения с отходами была сформирована группа карт, наглядно отображающих процессы производства, транспортировки и обращения с отходами.

Пример отображения атрибутивных данных и векторных объектов представлен на рисунках 2 и 3. Круговыми диаграммами показано распределение отходов по типам образующих их объектов (частный жилищный фонд, благоустроенный жилой фонд, бюджетные организации, прочие организации) в границах населенных пунктов. Диаметр круговых диаграмм отображает общий объем ТКО, образуемый в населенном пункте. Цвет поселений муниципального образования показывает общий объем ТКО, образуемый на территории поселения.

С помощью данной модели имеется возможность создавать необходимый SQL-запрос для выборки из БД. В данном случае запрос имел вид: SELECT * FROM Ровеньки_поселения_Spatialjo WHERE = "Vsego_chel">1000 AND "Vsego_TBO">200. В итоге, была получена выборка населенных пунктов с численностью населения свыше 1000 чел., объемы отходов которых больше 200 м³.

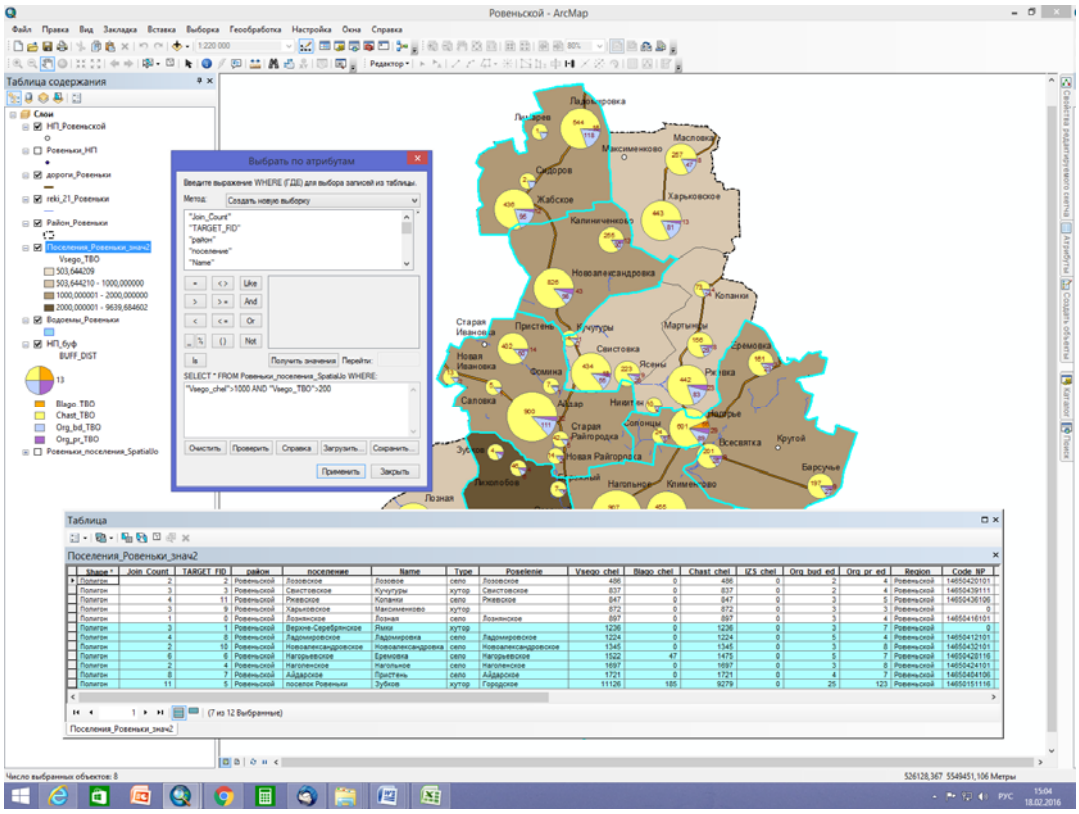


Рис. 2. Фрагмент отображения атрибутивных данных и векторных объектов в ArcGIS (Объемы образования ТКО в Ровеньском районе)
Fig. 2. Fragment of display of attributive data and vector objects in ArcGIS (Education volumes in the Rovensky area)

SQL-запрос для БД промышленных отходов представлен в следующем виде: SELECT * FROM Export_Output_2 WHERE = "IV_klass" >=10 AND "Othod_vseg" > 50000. Цветом на карте показан объем промышленных отходов в границах муниципальных образований. Столбчатыми диаграммами отображается распределение отходов по классам опасности.

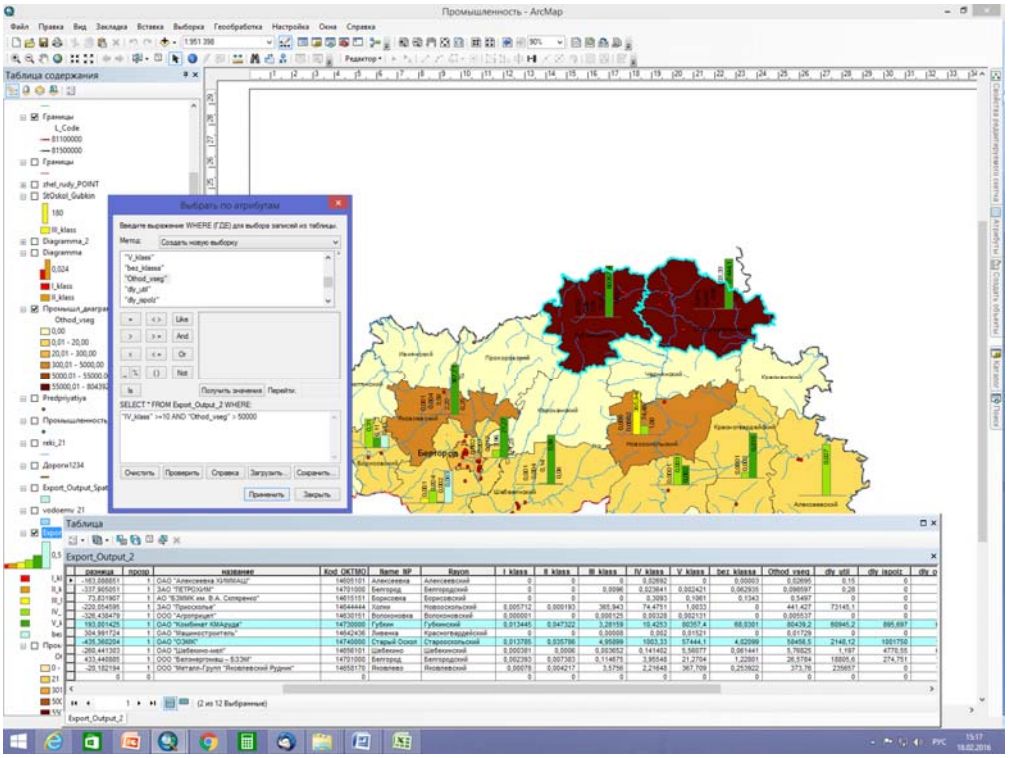


Рис. 3. Фрагмент отображения атрибутивных и векторных данных в ArcGIS
(Распределение промышленных отходов по муниципальным образованиям Белгородской области)
Fig. 3. Fragment of display of attributive and vector data in ArcGIS
(Distribution of industrial wastes on municipalities of the Belgorod region)

Структура БД промышленных отходов имеет следующие поля: «Название предприятия», «Kod ОКТМО», «Название населенного пункта», «Название района», «Район», I-V классы опасности, «Без класса», «Отходы всего», «Для утилизации», «Для использования», «Для обезвреживания», «Для захоронения», «Для размещения», «Продажа населению», «Использование внутри», «Хранение внутри», «Захоронение внутри», «Переработка».

Заключение

Разработанная электронная модель схемы обращения с отходами на территории Белгородской области представляет собой информационную систему, включающую БД, электронные карты и инструментарий для ввода, хранения, актуализации, обработки, анализа, представления, визуализации данных. Система позволяет проводить оперативный анализ ситуации в режиме реального времени, осуществлять прогнозирование развития процессов при изменении различных техногенных и антропогенных факторов и формировать оптимальные варианты решений для улучшения экологической ситуации региона.

Список литературы
References

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 29.06.2015) «Об отходах производства и потребления».

Federal'nyyzakonot 24.06.1998 № 89 -FZ (ot red . 29.06.2015) «Ob otkhodakhproizvodstvaipotrebleniya».

2. Постановление Правительства РФ «О требованиях к составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами, в том числе твердыми коммунальными отходами».

PostanovleniyePravitel'stva RF «O trebovaniyakh k sostavu i soderzhaniyuterritorial'nykhskhemobrashcheniya s otkhodami , v tomchisletverdymikommunal'nymiotkhodami».

3. О.А. Иващук, О.Д. Иващук. Модели интеллектуального анализа данных в информационных системах экологической безопасности. Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика, 2013. № 15 (158) 2013, Выпуск 27/1.

O.A. Ivashchuk , O.D. Ivashchuk . Modeli intellektual'nogo analiza dannykh v informatsionnykh sistemakh ekologicheskoy bezopasnosti . Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. 2013. № 15 (158) 2013 , Vypusk 27/1 .

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.415.24

ОБ ОДНОЗНАЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННО-ЗНАЧИМОЙ ЧАСТОТНОЙ ПОЛОСЫ В ЗВУКАХ РУССКОЙ РЕЧИ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ ШУМА

ON THE UNIQUENESS OF CERTAIN IDENTIFYING SIGNIFICANT FREQUENCY BANDS IN THE SOUND RUSSIAN SPEECH EXPOSED TO NOISE

Е. Г. Жиляков, П.Г. Лихолоб, А.В. Курлов, А.А. Медведева
E.G. Zhilyakov, P.G. Likholob, A.V. Kurlov, A.A. Medvedeva

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, Kurlov@bsu.edu.ru, Medvedeva_aa@bsu.edu.ru

Аннотация. В работе описано применение моделей звуков русской речи для задач шумоочистки, сжатия, стеганографического кодирования с позиции субполосных представлений. Введены критерии, влияющие на определение частотной полосы, доступной для изменения. Введено понятие «частотный потенциал». Представлен способ оценки частотного потенциала отрезка речевого сигнала. В статье представлены результаты исследования влияния шума на величину частотного потенциала различных звуков русской речи.

Resume. The paper describes the use of Russian speech sounds models for noise suppression tasks, compression, steganographic encoding position subband representations. Introduced criteria that influence the determination of the frequency band available for change. The concept of frequency potential. The way of evaluating the frequency potential of the speech signal segment. The article presents the results of a study of noise impact on the value of the frequency potential of different sounds of Russian speech.

Ключевые слова: речевые данные, частотная полоса, частотный интервал, часть энергии, субполосная матрица, субполосный анализ, идентификационно-значимая частотная полоса, порог, частотный потенциал.

Key words: voice data, frequency band, the frequency interval of the energy matrix of the subband, subband analysis, identification, signifi-cant frequency band, the threshold frequency potential.

Человек для информационного обмена достаточно часто использует устную речь. Осуществляя информационный обмен на расстоянии, нередко устную речь преобразуют в речевые данные. Под речевыми данными будем понимать цифровую фиксацию в дискретные моменты времени аудио-сигнала, порождаемого устной речью на выходе микрофона. Естественно предположить, что результат воспроизведения речевых данных будет отличаться от исходного звучания устной речи. Уменьшение отличия между исходной речью и результатом ее цифрового представления является важным аспектом при решении различных задач, направленных на повышение качества звучания речи. Под качеством звучания будем понимать разборчивость, громкость и натуральность. Кроме того, важным критерием качества звучания также является комфортность. Комфортность обусловлена сохранением в речевом сигнале частотных компонент, формирующих ее тональную окраску и лингвистические признаки [1].

В процессе создания, записи, передачи и обработки речевых данных составной частью выступают шумовые компоненты. Шумовые компоненты возникают вследствие неидеальности записывающей аппаратуры, собственных шумов микрофона, электромагнитных наводок либо в результате применения информационных технологий обработки данных. При этом стоит учесть, что спектральная полоса шума зачастую перекрывает спектр речевого сигнала. Это приводит к тому, что в некоторой доле частотной полосы энергия шумовых компонент может превысить энергию компонент речевых данных, изменяя частотные свойства речи. Таким образом, появление шума оказывает влияние на качество и комфортность звучания речи при ее воспроизведении.

Зачастую ухудшение качества восприятия речи происходит вследствие сильного влияния энергии шума на частотные компоненты речевых данных, содержащие малую долю энергии. Следовательно, можно повысить качество восприятия речи, удаляя (фильтруя) малоэнергетические частотные компоненты, наиболее подверженные влиянию шума.

Частотные компоненты речевых данных с большей энергией оказывают большее влияние на качество воспроизведения. Следовательно, эту часть полосы стоит оставлять без изменения. Основной проблемой при этом является адаптивный выбор частотной полосы, энергия в которой влияет на качество и комфортность восприятия речи.

Известно, что у большинства звуков русской речи энергия частотных компонент содержится в малой доле частотной полосы. Это энергетическое свойство можно положить в основу модели восприятия речи человеком. Характеристику, оценивающую часть энергии $P_r(\vec{x})$, сосредоточенной в частотном интервале r возможно определить из соотношения [2]

$$P_r(\vec{x}) = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\upsilon \in \Omega_r} |X(\upsilon)|^2 \, d\upsilon \, , \; r \in R \, , \tag{1}$$

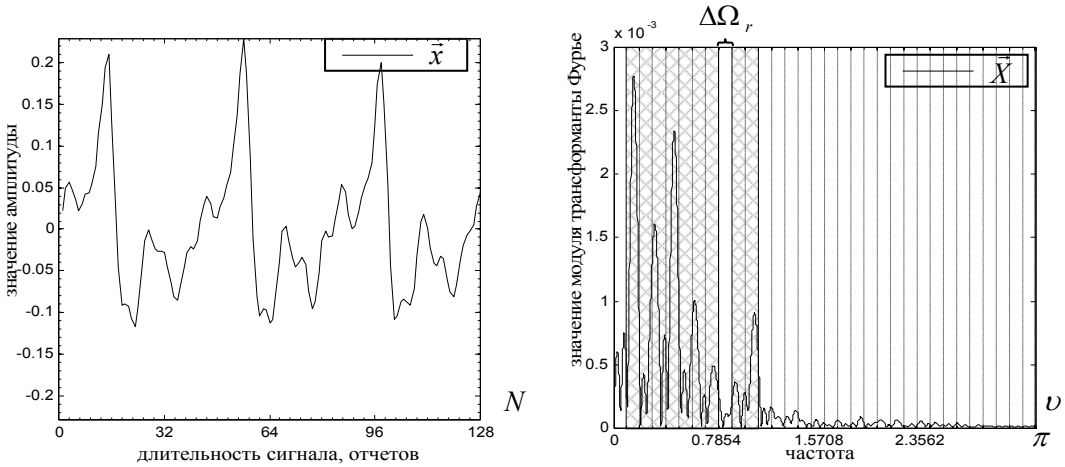
где Ω_r – частотная субполоса; R – количество частотных субполос, образующих частотную полосу; $\vec{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_N)^T$ – отрезок речевых данных; $X(\upsilon)$ – трансформанта Фурье:

$$X(\upsilon) = \sum_{n=1}^{N} x_n e^{-j \cdot \upsilon \cdot (n-1)} \, , \tag{2}$$

где x_n – отсчеты анализируемого отрезка речевых данных; N – длительность отрезка речевых данных; j – мнимая единица ($j^2 = -1$).

Частотные компоненты, влияющие на комфортность звучания, формируют ее тональную окраску и помогают улучшить качество звучания, определяя идентификационно-значимые свойства речевого сигнала. А частотную полосу, в которой содержится подавляющая часть энергии этих компонент, естественно назвать идентификационно-значимой.

На рисунке 1 представлен отрезок речевых данных, порожденных звуком «а», и результаты оценки трансформанты Фурье (2). На рис. 1 б заштрихованная область соответствует визуально определенной идентификационно-значимой частотной полосе, которая содержит подавляющую часть энергии сигнала.



а б

Рис. 1. Отрезок речевых данных, порожденных звуком «а» в слове «кадры»:
а) огибающая амплитуд $\vec{x}$; б) огибающая нормированного амплитудного спектра $\vec{X}$
Fig. 1. The length of the voice data generated by the sound of "a" in the word "cadres":
a) amplitude envelope $\vec{x}$; b) the envelope of the normalized amplitude spectrum $\vec{X}$

Для удобства анализа распределения энергии речевых данных частотную полосу предлагается разбивать на непересекающиеся частотные интервалы, обеспечивая при этом выполнение условия

$$(2(R-1)+1) \cdot \Delta\Omega_1 = \pi \, , \tag{3}$$

где R – количество частотных интервалов, на которые была разбита полоса частот; $\Delta\Omega_1$ – ширина первого частотного интервала.

При этом предполагается, что все интервалы, кроме первого, имеют одинаковую ширину $\Delta\Omega_r$, определяемую следующим образом:

$$\Delta\Omega_r = 2 \cdot \Delta\Omega_1,\ r = 2,\ldots,R \tag{4}$$

Использование такого разбиения обусловлено вычислительными аспектами использования субполосных матриц и наличием у отрезка речевых данных постоянной составляющей.

Также стоит отметить, что речевые данные, порожденные устной речью, – это цифровое представление нестационарного, сложно-модулированного сигнала, порождаемого работой речевого аппарата или ее отсутствием. В ходе экспериментов было выявлено, что, с течением времени, у речевых данных изменяются как временное представление, так и распределение энергии по частотным интервалам. При этом доля энергии, содержащейся в идентификационно-значимой частотной полосе, практически не изменяется. Эта закономерность выполняется в том случае, если отрезки речевых данных получены в одних и тех же условиях (для одного звука при длительности отрезков анализа до 20 мс). Таким образом, это свойство частотной концентрации энергии необходимо учитывать при анализе и обработке отрезков речевых данных, порожденных звуками устной речи. При этом необходимо определить множество идентификационно-значимых частотных интервалов ($\mathbf{R}_1$). Очевидно, что для их определения целесообразно осуществлять сравнение энергии каждого частотного интервала с пороговым значением. В случае, если энергия превышает заданный порог, частотный интервал целесообразно считать идентификационно-значимым. Проблема заключается в том, что изменяется не только энергия сигнала, но и распределение долей энергии по частотным интервалам. Поэтому для определения идентификационно-значимых частотных интервалов ($\mathbf{R}_1$) целесообразно использовать адаптивный порог, учитывающий долю энергии, содержащуюся в изменяемой от отрезка к отрезку полосе частот. Стоит отметить, что порог должен быть слабо чувствителен к наличию энергии шума.

Учитывая свойства нестационарности и концентрации энергии речевых данных, в качестве адаптивного порога предлагается использовать среднее значения энергии, приходящееся на частотную полосу.

$$h_r(\vec{x}) = \|\vec{x}\|^2 \cdot \Delta\Omega_r / \pi,\ r=1,2,\ldots,R \tag{5}$$

Исходя из выражения (1) и адаптивного порога (5), будем иметь в энергетической области неравенство (6), определяющее номера частотных интервалов, принадлежащих к идентификационно-значимым:

$$P_r(\vec{x}) \geq \frac{\|\vec{x}\|^2}{\pi} \cdot \Delta\Omega_r,\ r \in \mathbf{R}_1 \tag{6}$$

где $\|\vec{x}\|^2$ – энергия отрезка речевых данных.

Во многих задачах обработки речевых сигналов представляет интерес анализ размера частотной полосы, которую можно подвергнуть обработке без воздействия на информационно-значимые частотные интервалы (в задачах сжатия, стеганографического кодирования, шумочистки). На рисунке 1 б – это не заштрихованная частотная область. Характеристику, оценивающую долю пригодной для изменения частотной полосы, выделенную при сравнении энергии частотной полосы с адаптивным порогом (5) определим, как частотный потенциал речевых данных:

$$D = \left(\pi - \sum_{r \in \mathbf{R}_1} \Delta\Omega_r\right) \Big/ \pi, \tag{7}$$

где $\Delta\Omega_r$ – ширина частотного интервала; $\mathbf{R}_1$ – множество идентификационно-значимых частотных интервалов.

Частотный потенциал (7) определяет отношение суммарной ширины частотных интервалов, не содержащих энергию идентификационно-значимых частотных компонент, к числу π.

При многократном анализе частотной полосы отрезка речевых данных, условно разбитой на равные частотные интервалы, удобно использовать математический аппарат, построенный на использовании субполосных матриц [2, 3, 4]:

$$P_r(\vec{x}) = \vec{x}^T A_r \vec{x}, \tag{8}$$

где A_r – субполосная матрица, определяемая элементами:

$$\begin{gathered} A_r = \{a_{ik}^r\}, \quad a_{ik}^r = \left(\sin(\upsilon_{2r}(i-k)) - \sin(\upsilon_{1r}(i-k))\right)/(\pi(i-k)), \\ a_{ii}^r = (\upsilon_{2r} - \upsilon_{1r})/\pi,\ r \in R,\ i,k = 1,\ldots,N. \end{gathered} \tag{9}$$

Математический аппарат позволяет, без перехода в область частот, определять значение части энергии, сосредоточенной в частотном интервале.

Иллюстрацией работы решающего правила (6), при использовании математического аппарата (8) является рисунок 2.

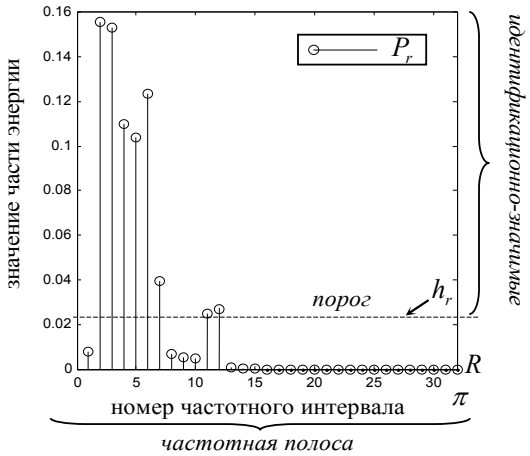


Рис. 2. Частотное распределение энергии отрезка речевого сигнала, порожденного звуком «а» слова «кадры» ($f_д$ =8кГц, диктор мужчина, при длительности отрезка равной N=128 отсчетов)

Fig. 2. The frequency distribution of the speech signal segment of the energy generated by the sound of «a» of the word «cadres» ($f_д$ = 8 kHz, Speaker man, with a duration equal to the length N = 128 samples)

На рис. 2 отображено распределение частей энергии по частотной оси для звука «а», огибающая амплитуд и спектра которого отображены на рис. 1. Отрезок речевых данных в количестве N =128 отсчетов был разбит на R=32 частотных интервала.

Для каждого частотного интервала в соответствии с (8), было найдено значение части энергии, сосредоточенной в анализируемом частотном интервале. Результатом работы решающего правила (6) стало отнесение к идентификационно-значимой полосе частотных интервалов с номерами 1–8 и 15. На рис. 2 видно, что энергия в этих интервалах превышает пороговое значение, отмеченное пунктирной линией.

Появление шума приводит к изменению распределения энергии по частотной оси, что в свою очередь оказывает влияние на определение частотных компонент, не относящихся к идентификационно-значимым. Необходимость правильного определения идентификационно-значимых частотных интервалов связана с тем, что воздействие на них приводит к ухудшению качества звучания речевых сигналов. Таким образом, необходимо исследовать чувствительность адаптивного порога к шуму, что позволит избежать следующих негативных случаев.

Случай 1. Неэффективное использование частотной полосы, вызванное некорректным определением частотного потенциала речевых данных. К данному случаю относятся ситуации, когда оценка частотного потенциала D занижена. В системах сжатия это приводит к необходимости хранения большего объема информации. В случае реализации стеганографических систем при неэффективном использовании частотной полосы будет передан меньший объем информации.

Случай 2. Ухудшение качества звучания речевого сигнала вследствие неверного определения значимости частотного интервала (идентификационно-значимый частотный интервал ошибочно отнесен к частотному потенциалу).

В качестве модели, описывающей воздействие шума на отрезок речевых данных, будем использовать соотношение

$$\vec{y} = \vec{x} + h_0 \cdot \vec{u}\,, \tag{10}$$

где $\vec{y}$ – отрезок речевых данных, содержащий шумовую компоненту; $\vec{u}$ – отрезок данных, соответствующий шуму ($\|\vec{u}\|^2 = 1$); h_0^2 – отношение шум/сигнал.

В таблице 1 представлены результаты оценки частотного потенциала D при длительности отрезков анализа 8 мс (N=128 отсчетов при $f_д$=8кГц). Для оценки частотного потенциала было использовано более Z =3200 отрезков речевых данных, записанных с частотой дискретизации $f_д$=8кГц и разрядностью кода 16 бит.

В качестве эталона в таблице использованы оценки частотного потенциала, определенные для отрезков речевых сигналов, не подверженных зашумлению.

Как видно из таблицы 1, при увеличении отношения шум/сигнала величина частотного потенциала изменяется. Это свидетельствует о наличии ошибок определения частотного потенциала. Интерес представляет оценка устойчивости определения частотного потенциала к воздействию шумов.

Таблица 1
Table 1

Значения частотного потенциала
The values of the frequency potential

гласные										
звук	а	е	е	и	о	у	ы	э	ю	я
эталон	0,8049	0,8732	0,8777	0,8859	0,8331	0,8857	0,8908	0,8344	0,8735	0,8606
h_0^2 =0.01	0,8085	0,8746	0,8823	0,8880	0,8358	0,8885	0,8921	0,8376	0,8698	0,8636
h_0^2 =0.1	0,8086	0,8764	0,8783	0,8884	0,8355	0,8876	0,8922	0,8374	0,8673	0,8632

сонорные согласные					
звук	й	л	м	н	р
эталон	0,8781	0,8711	0,9145	0,9204	0,8209
h_0^2 =0.01	0,8789	0,8731	0,9166	0,9215	0,8214
h_0^2 =0.1	0,8779	0,8736	0,9164	0,9206	0,8196

звонкие согласные						
звук	б	в	г	д	ж	з
эталон	0,9155	0,8735	0,8680	0,8816	0,8250	0,8728
h_0^2 =0.01	0,9165	0,8758	0,8663	0,8832	0,8323	0,8736
h_0^2 =0.1	0,9153	0,8763	0,8651	0,8846	0,8329	0,8711

глухие согласные										
звук	к	п	с	т	ф	х	ц	ч	ш	щ
эталон	0,7569	0,8170	0,7586	0,7259	0,7806	0,7724	0,7180	0,7334	0,7783	0,7622
h_0^2 =0.01	0,7586	0,8115	0,7628	0,7295	0,7836	0,7783	0,7273	0,7390	0,7867	0,7660
h_0^2 =0.1	0,7591	0,8130	0,7614	0,7228	0,7818	0,7786	0,7251	0,7303	0,7832	0,7641

Гипотеза H_O: частотный интервал относится к частотному потенциалу.

Вероятность ошибки первого рода P_α обозначает ложное принятие решающим правилом (6) положительного решения, то есть частотный интервал, входящий в частотный потенциал речевых данных, в результате воздействия шума, будет отнесен к идентификационно-значимому:

$$P_\alpha = \widetilde{R}_1 \Big/ \left(\sum_{i=1}^{Z} R_{0i} \right), \qquad (11)$$

где $\widetilde{R}_1$ – количество частотных интервалов, ошибочно отнесенных к идентификационно-значимым из-за воздействия шума; Z – количество проанализированных отрезков речевых данных; R_{0i} – количество частотных интервалов, относящихся к частотному потенциалу *i*-го отрезка анализа.

Вероятность ошибки второго рода P_β обозначает ложное принятие решающим правилом (6) отрицательного решения, то есть частотный интервал, не входящий в частотный потенциал речевых данных, в результате воздействия шума будет к нему отнесен:

$$P_\beta = \widetilde{R}_0 \Big/ \left(\sum_{i=1}^{Z} R_{1i} \right), \qquad (12)$$

где $\widetilde{R}_0$ – количество частотных интервалов, ошибочно отнесенных к частотному потенциалу в последствии воздействия шума, Z – количество проанализированных отрезков речевых данных; R_{1i} – количество частотных интервалов, относящихся к идентификационно-значимым для *i*-го отрезка анализа.

В таблицах 2 и 3 и на рисунке 3 представлены результаты оценки вероятностей ошибок первого и второго рода, определенные на основе анализа свыше Z =3200 отрезков речевых данных, записанных с частотой дискретизации f_∂=8кГц и разрядностью кода 16 бит при различных отношениях сигнал/шум, h_0^2. При этом для анализа были использованы отрезки длительностью *N*=128 отсчетов (8 мс) при разбиении частотной оси на *R*=32 непересекающихся интервала.

Таблица 2
Table 2

Значения вероятностей ошибок первого и второго рода для всех звуков русской речи
The values of the probabilities of the first and the second kind of errors for all the sounds of Russian speech

	Вероятность ошибки первого рода, P_α				*Вероятность ошибки второго рода,* P_β			
h_0^2 *звук*	*0.0001*	*0.001*	*0.1*	*1*	*0.0001*	*0.001*	*0.1*	*1*
а	0,0008	0,0025	0,0082	0,0852	0,0007	0,0025	0,0082	0,0290
б	0,0005	0,0014	0,0039	0,0816	0,0003	0,0007	0,0020	0,0057
в	0,0003	0,0013	0,0040	0,0817	0,0004	0,0017	0,0050	0,0155
г	0,0012	0,0025	0,0057	0,0832	0,0002	0,0014	0,0055	0,0186
д	0,0004	0,0014	0,0059	0,0865	0,0008	0,0022	0,0063	0,0172
е	0,0003	0,0008	0,0033	0,0807	0,0005	0,0015	0,0047	0,0135
е	0,0009	0,0031	0,0083	0,0890	0,0014	0,0030	0,0052	0,0115
ж	0,0008	0,0023	0,0096	0,0968	0,0013	0,0037	0,0103	0,0291
з	0,0008	0,0022	0,0076	0,0921	0,0007	0,0019	0,0057	0,0157
и	0,0002	0,0009	0,0026	0,0764	0,0002	0,0008	0,0027	0,0088
й	0,0004	0,0012	0,0037	0,0800	0,0006	0,0011	0,0025	0,0094
к	0,0018	0,0048	0,0148	0,0982	0,0018	0,0057	0,0170	0,0505
л	0,0002	0,0006	0,0023	0,0763	0,0003	0,0009	0,0031	0,0109
м	0,0004	0,0014	0,0040	0,0804	0,0003	0,0011	0,0032	0,0083
н	0,0003	0,0009	0,0035	0,0806	0,0005	0,0012	0,0030	0,0072
о	0,0005	0,0014	0,0052	0,0792	0,0006	0,0018	0,0058	0,0205
п	0,0012	0,0034	0,0106	0,0981	0,0009	0,0039	0,0120	0,0374
р	0,0012	0,0036	0,0136	0,1057	0,0011	0,0038	0,0123	0,0355
с	0,0021	0,0068	0,0236	0,1209	0,0021	0,0069	0,0205	0,0573
т	0,0028	0,0078	0,0240	0,1148	0,0022	0,0061	0,0199	0,0631
у	0,0003	0,0010	0,0038	0,0814	0,0004	0,0012	0,0038	0,0108
ф	0,0020	0,0063	0,0216	0,1215	0,0021	0,0063	0,0185	0,0520
х	0,0015	0,0044	0,0148	0,1007	0,0014	0,0045	0,0141	0,0445
ц	0,0022	0,0083	0,0275	0,1203	0,0026	0,0085	0,0265	0,0769
ч	0,0023	0,0068	0,0211	0,1125	0,0017	0,0060	0,0193	0,0592
ш	0,0018	0,0047	0,0145	0,1018	0,0011	0,0039	0,0129	0,0408
щ	0,0014	0,0047	0,0176	0,1105	0,0018	0,0058	0,0170	0,0502
ы	0,0003	0,0010	0,0037	0,0815	0,0004	0,0011	0,0029	0,0083
э	0,0005	0,0019	0,0064	0,0860	0,0009	0,0024	0,0064	0,0202
ю	0,0006	0,0020	0,0054	0,0826	0,0003	0,0006	0,0019	0,0128
я	0,0003	0,0017	0,0047	0,0819	0,0008	0,0017	0,0041	0,0144

Таблица 3
Table 3

Средние значения вероятностей ошибок первого и второго рода
The average error probability values of the first and second kind

Отношение сигнал/шум, h_0^2	0.0001	0.001	0.1	1
Ошибка первого рода, P_α	9.7032e-04	0.0030	0.0098	0.0925
Ошибка второго рода, P_β	9.8045e-04	0.0030	0.0091	0.0276

Результаты исследований показали, что в среднем вероятность ошибки первого рода составляет порядка 0.0925, а вероятность ошибки второго рода – 0.0276. Для звуков таких как «ф», «с», «ц», «т», «ч», «щ», «р», «ш», «х», «к», «п», «ж», вероятность ошибки больше, что связано с их природой. Данные звуки относятся к классам шумовых и взрывных согласных. В свою очередь, вероятность ошибочного принятия решения для гласных и сонорных звуков речи меньше.

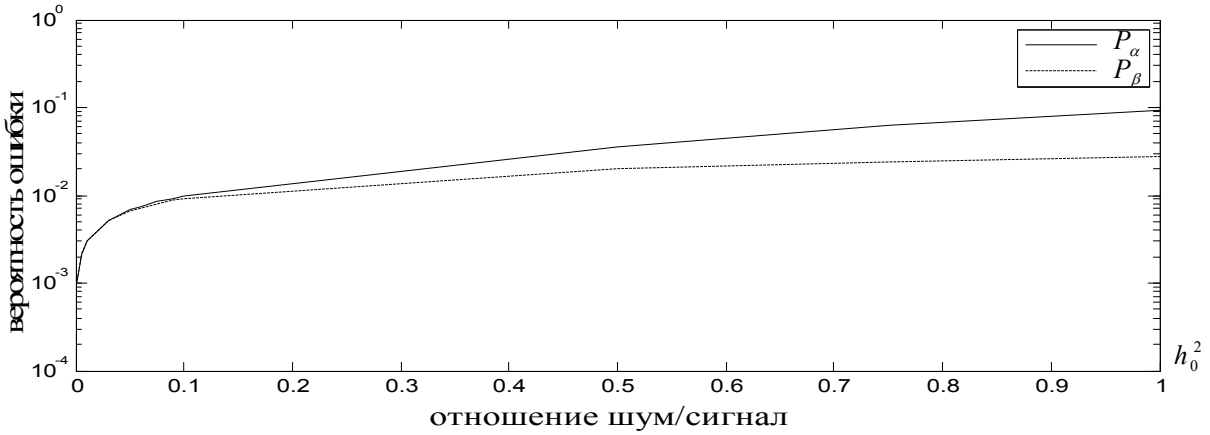


Рис. 3. Результат оценки вероятностей ошибок первого и второго рода, при воздействии флуктуационной помехи
Fig. 3. The outcome of the assessment of probabilities of errors of the first and second kind, when exposed to fluctuation interference

Выводы

Таким образом, при анализе речевых данных целесообразно оценивать частотный потенциал речевых данных, представляющий собой частотные компоненты, доля энергии которых меньше адаптивного порога. Частотный потенциал речевых данных не используется слуховой системой человека и может быть использован в задачах сжатия и кодирования речевых данных, а также в задачах скрытия информации. Вероятности ошибок первого и второго рода при воздействии аддитивных шумов с отношением сигнал/шум h_0^2=1 составляют порядка 0,09 и 0,03 соответственно, что свидетельствует об устойчивости определения частотного потенциала отрезков речевых сигналов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-07-01570 «Субполосная скрытная интеграция/извлечение дополнительной информации в аудио или видео контентах» и РФФИ № 15-07-01463 «Разработка методов и алгоритмов автоматического распознавания устной речи с использованием субполосного анализа речевых сигналов».

Список литературы
References

1. Аграновский, А.В. Теоретические аспекты алгоритмов обработки и классификации речевых сигналов / А.В. Аграновский, Д.А. Леднов – М.: Радио и связь, 2004. – 164 с.

Agranovskij, A.V. Teoreticheskie aspekty algoritmov obrabotki i klassifikacii rechevyh signalov/A.V.Agranovskij, D.A. Lednov – M.:Radio i svyaz, 2004. – 164 s.

2. Жиляков Е.Г. О сегментации речевых сигналов на однородные отрезки / Жиляков Е.Г., Белов С.П., Белов А.С., Фирсова А.А. // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. № 7(204), вып.34/1, 2015г, с.194-199.

ZHilyakov, E.G. O segmentacii rechevyh signalov na odnorodnye otrezki / ZHilyakov E.G., Belov S.P., Belov A.S., Firsova A.A.// NaucNauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. № 7 (204), vyp.34/1, 2015g, s.194-199.

3. Жиляков, Е.Г. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным / Е.Г. Жиляков. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 160с.

ZHilyakov, E.G. Variacionnye metody analiza i postroeniya funkcij po ehmpiricheskim dannym / E.G. ZHilyakov. – Belgorod: Izd-vo BelGU, 2007. – 160s.

4. Жиляков, Е.Г. Вариационные методы анализа сигналов на основе частотных представлений / Е.Г. Жиляков, С.П. Белов, А.А. Черноморец// Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, вып.1. – Москва: Изд-во ОАО «ЦНИИ «Электроника», 2010. – 185с.

ZHilyakov, E.G.Variacionnye metody analiza signalov na osnove chastotnyh predstavlenij / E.G. ZHilyakov, S.P. Belov, A.A. CHernomorec// Voprosy radioehlektroniki, ser. EHVT. vyp.1. – Moskva: Izd-vo OAO CNII EHlektronika, 2010. – 185s.

УДК 681.3.06

О МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМА MD5

ABOUT MODIFICATION OF THE MD5 ALGORITM

А.Д. Буханцов, И.В. Дружкова
A.D. Bukhantsov, I.V. Druzhkova

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

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

e-mail: bukhantsov@bsu.edu.ru, 984546@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье предлагается вариант модификации известной хэш-функции с целью повышения ее стойкости. Показано, что при сохранении требований по быстродействию вычисления дайджеста сообщения на основе модифицированного алгоритма, вероятность коллизии второго рода существенно снижается.

Resume. This article proposes a modification of the well-known hash functions with the aim of increasing its durability.Shows that while maintaining the performance requirements of the message digest calculation based on modified algorithm the probability of collision of the second kind is greatly reduced.

Ключевые слова: хэш-функция, вероятность коллизии, атака, парадокс дней рождения.
Keywords: the hash function, the probability of collisions, attack, birthday paradox.

В настоящее время вопросы исследования путей дальнейшего снижения уязвимости криптографических хэш-функций для различных приложений достаточно актуальны, так как при постоянном возрастании мощности и быстродействия современных вычислительных средств вероятность успешной атаки также возрастает. Алгоритмы хеширования, используемые в современных стандартах на электронную подпись в других смежных приложениях [1-3], имеют достаточно высокую стойкость к коллизиям, однако усложнение алгоритма часто приводит к увеличению вычислительной сложности и затрат на его реализацию. Поэтому относительно простые хэш-алгоритмы, используемые в приложениях, не требующих высокого уровня стойкости, могут оставаться практически полезными. Например, хэш-функции MD5 и SHA-1 до сих пор продолжают использоваться в некоторых практических приложениях, несмотря на обнаруженные уязвимости, так как обладают высоким быстродействием. Таким образом, исследование возможности модификации таких криптографических протоколов с целью повышения их стойкости по-прежнему может представлять не только научный, но и практический интерес.

В данной работе предлагается вариант модификации алгоритма MD5. Если в существующем протоколе выходная хэш-сумма составляет 128 бит, то предлагаемый алгоритм хэширует текст произвольной длины, превращая его в 256-битную последовательность. На рисунке 1 показана блок-схема модифицированного алгоритма.

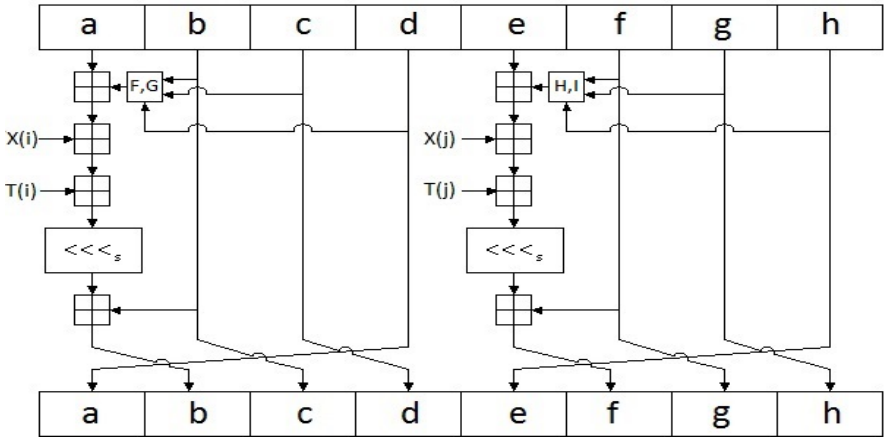


Рис. 1. Блок-схема измененного алгоритма MD5
Fig. 1. A block diagram of the modified algorithm MD5

Описание модифицированного алгоритмаMD5

Шаг 1. Сначала добавляют единичный байт в конец потока. Затем входные данные выравниваются так, чтобы их новый размер L был сравним с 448 по модулю 512. Выравнивание происходит с помощью дописывания необходимого числа нулевых бит.

Шаг 2. В конец сообщения добавляют 64-битное представление длины данных до выравнивания. Сначала записывают младшие 4 байта, затем старшие. Если длина данных превосходит 2^{64}-1, то дописывают только младшие биты. В результате длина потока кратна 512.

Шаг 3. Для вычислений инициализируются 4 переменных размером по 32 бита и задаются начальные значения десятичными числами:

a=1732584193;
b=4023233417;
c=2562383102;
d=271733878;
e=1374568893;
f=2578663458;
g=741235123;
h=8012563941.

В этих переменных будут храниться результаты промежуточных вычислений. Начальное состояние “abcdefgh” называется инициализирующим вектором.

Шаг 4. Потребуются 4 функции для четырех раундов. Введем функции от трех параметров:

$$F(X,Y,Z) = (X \wedge Y) \vee (\neg X \wedge Z) \quad (1)$$

$$G(X,Y,Z) = (X \wedge Z) \vee (\neg Z \wedge Y) \quad (2)$$

$$H(X,Y,Z) = X \oplus Y \oplus Z \quad (3)$$

$$I(X,Y,Z) = Y \oplus (\neg Z \vee X) \quad (4)$$

Шаг 5. Определим таблицу констант t — 64-элементная таблица данных, построенная следующим образом:

$$t(i) = \mathrm{int}\left(2^{32} \cdot |\sin(i)|\right), \quad (5)$$

где $i = 1,...,6$.

Шаг 6. Последовательность бит полученная после всех выравниваний представляется в виде n-блоков по 16 бит. Каждый блок x (16 бит) проходит 4 раунда преобразований.

Вычисление происходит в цикле от 1 до n. В каждом цикле преобразования происходят над i-тым блоком. Сохраняются переменные a, b, c, d, e, f, g, h, оставшиеся после операций над предыдущими блоками (или их начальные значения, если блок первый). Далее происходят преобразования с помощью следующих 4 раундов:

Раунд 1.

[abcdksi] a = b + ((a + F(b,c,d) + x[k] + t[i]) <<<s)
[abcd 0 7 1][dabc 1 12 2][cdab 2 17 3][bcda 3 22 4]
[abcd 4 7 5][dabc 5 12 6][cdab 6 17 7][bcda 7 22 8]
[abcd 8 7 9][dabc 9 12 10][cdab 10 17 11][bcda 11 22 12]
[abcd 12 7 13][dabc 13 12 14][cdab 14 17 15][bcda 15 22 16]

Раунд 2.

[abcd k s i] a = b + ((a + G(b,c,d) + x[k] + i[i]) <<< s)
[abcd 1 5 17][dabc 6 9 18][cdab 11 14 19][bcda 0 20 20]
[abcd 5 5 21][dabc 10 9 22][cdab 15 14 23][bcda 4 20 24]
[abcd 9 5 25][dabc 14 9 26][cdab 3 14 27][bcda 8 20 28]
[abcd 13 5 29][dabc 2 9 30][cdab 7 14 31][bcda 12 20 32]

Раунд 3.

[efgh k s i] e = f + ((e + H(f,g,h) + x[k] + t[i]) <<< s)
[efgh5 4 33][hefg 8 11 34][ghef 11 16 35][fgha 14 23 36]
[efgh 1 4 37][hefg 4 11 38][ghef 7 16 39][fgha 10 23 40]
[efgh 13 4 41][hefg 0 11 42][ghef 3 16 43][fgha 6 23 44]
[efgh 9 4 45][hefg 12 11 46][ghef 15 16 47][fgha 2 23 48]

Раунд 4.

[efgh k s i] e = f + ((e + H(f,g,h) + x[k] + t[i]) <<< s)
[efgh 0 6 49][hefg 7 10 50][ghef 14 15 51][fgha 5 21 52]
[efgh12 6 53][hefg 3 10 54][ghef 10 15 55][fgha 1 21 56]
[efgh 8 6 57][hefg 15 10 58][ghef 6 15 59][fgha 13 21 60]

[efgh 4 6 61][hefg 11 10 62][ghef 2 15 63][fgha 9 21 64]
Затем переменные суммируются с результатом предыдущего цикла.

После окончания цикла необходимо проверить, есть ли еще блоки для вычислений. Если да, то переходим к следующему блоку и повторяем цикл.

Алгоритм реализован на языке C++ с использованием прикладной программы Microsoft Visual Studio.

Вычислительные эксперименты

При тестировании программного кода было показано, что модифицированный алгоритм имеет тот же порядок вычислительной сложности, что и стандартный, то есть время вычисления хэш-суммы одного и того же текста с помощью обоих алгоритмов практически не отличается (таблица 1). Это является важным фактором, так как основным преимуществом хэш-функций такого вида и является быстродействие.

Таблица 1
Table 1

Время вычисления хэша
A time hash calculation

Количество входных данных (количество символов)	Время вычисления стандартного MD5 на компьютере с частотой 2ГГЦ (мс)	Время вычисления Модифицированного MD5 на компьютере с частотой 2ГГЦ (мс)
10	0.038	0.041
50	0.045	0.044

Также хэш-функция должна удовлетворять такому условию, что при изменении одного бита достигается «лавинный эффект», то есть хэш значительно различается для хешируемых входных данных. Пример сравнения таких сообщений и соответствующих сверток приведен в таблице 2.

Таблица 2
Table 2

Выходные данные модифицированного MD5
Output data of changed MD5

Входной текст	Полученная хэш
hello	cbd02904ff8ad1f3dee3c92bc2418c2f7b214cc3769299558fb5a423f74b2bb2
iello	e39b1e6cd4f6e7e18103e0cae8eb667ec4a3bdc4970887048e6c45209d4814cb

В повышении стойкости MD5 после процедуры модификации можно убедиться, рассмотрев основные атаки на хэш-функции и сравнив основной и усовершенствованный алгоритмы.

Атака «дней рождения» [4] – один из методов поиска коллизий хэш-функций на основе парадокса дней рождения. Для заданной криптографической хэш-функции f-целью атаки является поиск коллизии второго рода. Для этого вычисляются значения f для случайно выбранных блоков входных данных до тех пор, пока не будут найдены два блока, имеющие один и тот же хэш. Таким образом, если f имеет N различных равновероятных выходных значений и N является достаточно большим, то из парадокса дней рождения следует, что в среднем после перебора $1{,}25 \cdot \sqrt{N}$ различных входных значений будет найдена искомая коллизия. Если же хэш-функция генерирует n-битное значение, то число случайных входных данных, для которых хэш-коды с большой вероятностью дадут коллизию, равно не 2^n, а только около $2^{\frac{n}{2}}$.

Таким образом, для MD5 разной размерности хэша существует разное количество входных данных для сопоставимой вероятности коллизии (таблица 3).

Таблица 3
Table 3

Вероятность коллизии
The probability of collision

Размерность хэш (n)	Количество равновероятных выходных значений (2n)	Количество входных данных, при которых коллизия будет с заданной вероятностью				
		10-6 %	0,1 %	1 %	25 %	50 %
128	3.4×1038	2.6×1016	8.3×1017	2.6×1018	1.4×1019	2.2×1019
256	1.2×1077	4.8×1035	1.5×1037	4.8×1037	2.6×1038	4.0×1038

Атака «грубой силой» [5] может быть выполнена для нахождения первого прообраза по заданному хэш-значению или для нахождения второго прообраза, дающего такое же хэш-значение, как и заданное сообщение. Суть атаки заключается в последовательном или случайном переборе входных сообщений и сравнении результата выполнения хэш-функции с ее заданным значением. Сложность такой атаки оценивается 2^{n-1} операций вычисления хэш-значения, где n–длина хэш-значения. Из табл. 3 видно, что модифицированный алгоритм требует в $3{,}5 \cdot 10^{38}$ раз больше операций, чем стандартный.

Выводы

Предложенный вариант модификации алгоритма MD5 позволяет фактически при том же быстродействии существенно снизить вероятность коллизии как первого, так и второго рода. Использование таких алгоритмов, например, в приложениях ускоренного поиска данных в больших массивах, где коллизия приводит не к нарушению целостности сообщения, а всего лишь к ошибке поиска, может значительно повысить эффективность работы таких систем за счет снижения вероятности такой ошибки.

Список литературы
References

1. ГОСТ Р 34.11-2012. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования.

GOST R 34.11-2012. Informacionnaja tehnologija. Kriptograficheskaja zashhita informacii. Funkcija hjeshirovanija.

2. Халимов Г.З. Универсальное хеширование по максимальной кривой третьего рода / Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. - 2011. - № 1 (96), - Вып. 17/1. - С. 137–145.

Halimov G.Z. Universal'noe heshirovanie po maksimal'noj krivoj tret'ego roda / Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. - 2011. - № 1 (96), - Vyp. 17/1. - S. 137–145.

3. Халимов О.Г., Буханцов А.Д., Халимов Г.З. Построение кривых Гурвица для универсального хеширования/ Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. - 2014. - № 1 (172), - Вып. 29/1. - С. 153–160.

Halimov O.G., Buhancov A.D., Halimov G.Z. Postroenie krivyh Gurvica dlja universal'nogo heshirovanija/ Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. - 2014. - № 1 (172), - Vyp. 29/1. - S. 153–160.

4. K. Ohta and K. Koyama. Meet-in-the-Middle Attack on Digital Signature Schemes. In Abstract of AUSCRYPT'90, pages 110-121, 1990.

K. Ohta and K. Koyama. Meet-in-the-Middle Attack on Digital Signature Schemes. In Abstract of AUSCRYPT'90, pages 110-121, 1990.

5. ANSI X9.30 (PART 2), «American National Standard for Financial Services – Public key cryptography using irreversible algorithms for the financial services industry – Part 2: The secure hash algorithm (SHA)», ASC X9 Secretariat – American Bankers Association, 1993.

ANSI X9.30 (PART 2), «American National Standard for Financial Services – Public key cryptography using irreversible algorithms for the financial services industry – Part 2: The secure hash algorithm (SHA)», ASC X9 Secretariat – American Bankers Association, 1993.

УДК 621.391:004.9

ЧАСТНЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМОДАЛЬНЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

LOCAL OPTIMIZATION TASKS OF FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF POLYMODAL COMMUNICATION SYSTEMS

С.И. Саитов, М.В. Носов, О.О. Басов
S.I. Saitov, M.V. Nosov, O.O. Basov

Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации,
Россия, 302034, Орел, ул. Приборостроительная, 35

Academy of Federal Guard Service of the Russian Federation, 35 Priborostroitelnaja St, Orel, 302034, Russia

e-mail: oobasov@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена актуальная научная задача научно-методического обеспечения полимодального диалога абонентов в процессе коммуникативного взаимодействия через технические средства и реализации передачи максимального объема сообщений различных модальностей с заданным качеством при заданных ресурсах сети передачи данных.

Resume. This article discusses the actual scientific task of methodological support of a multimodal dialogue between subscribers in the process of communicative interaction through technical means and transmitting a maximum number of messages of different modalities with the specified quality and specified data transmission network resources.

Ключевые слова: полимодальная инфокоммуникационная система, модальность, оптимизационная задача, клавиатурный почерк.

Keywords: polymodal infocommication system, modality, optimization task, typing writing.

Введение

В системе государственного управления (СГУ) России деятельность должностных лиц часто осуществляется в условиях высоких психологических нагрузок, а государственная значимость сведений, циркулирующих в соответствующих информационных инфраструктурах, постоянно возрастает. Следовательно, в ходе делового общения через технические средства коммуникации должностные лица СГУ должны испытывать максимальную степень доверительности. В настоящее время этому способствует использование существующих унифицированных терминальных устройств (компьютеров, "планшетов", смартфонов), оснащенных видеокамерами высокого разрешения и микрофонами. Исследования показали, что и для сенсорных устройств, не смотря на приоритетность видео- и аудио сообщений, одним из важных источников информации об абоненте попрежнему остается клавиатурный почерк.

Постановка общей и частных задач исследования

По мнению ряда экспертов [1] повышение эффективности межличностной коммуникации должностных лиц возможно путем реализации информационной инфраструктуры государственного управления в виде полимодальной инфокоммуникационной системы (ПИКС). Данная система представляет собой взаимоувязанную совокупность систем обработки и хранения информации, телекоммуникационных систем, их объединяющих, функционирующих под единым управлением с целью сбора, обработки, хранения, защиты, передачи и распределения, отображения и использования информации в интересах абонентов (пользователей) [2].

В отличие от традиционных телекоммуникаций, информация через ПИКС передается в виде совокупности сигналов модальностей, соответствующих основным каналам межличностной коммуникации (рис. 1) [3]. Сигналы отдельных модальностей (речь, движение губ, движение глаз, движение лицевых мышц, жесты, *рукописный ввод* с клавиатуры или через сенсоры), обработанные в

абонентском терминале (АТ), совместно передаются через аппаратно-программные средства связи (АПСС) и далее по имеющимся каналам связи сети передачи данных (СПД).

Очевидно, что максимум информации от абонента к абоненту при этом передается через визуальный и акустический каналы коммуникации. Однако, в зависимости от ситуации (абонент сидит или движется, спокойно декламирует или эмоционально убеждает и т. д.) всегда имеется техническая возможность посредством эффективного сжатия сигналов модальностей выделить полосу частот для передачи дополнительных сведений.

В СГУ часто наблюдаются ситуации, когда должностному лицу требуется определить степень утомленности подчиненного, уровень искренности партнера и т.д. [4]. В этом смысле изменения индивидуальных параметров пользователя, например, клавиатурного почерка являются очень информативными [5]. Психоэмоциональные переживания личности обязательно приводят к флуктуации времени удержания клавиш, интервалов времени между нажатиями клавиш и т. д.

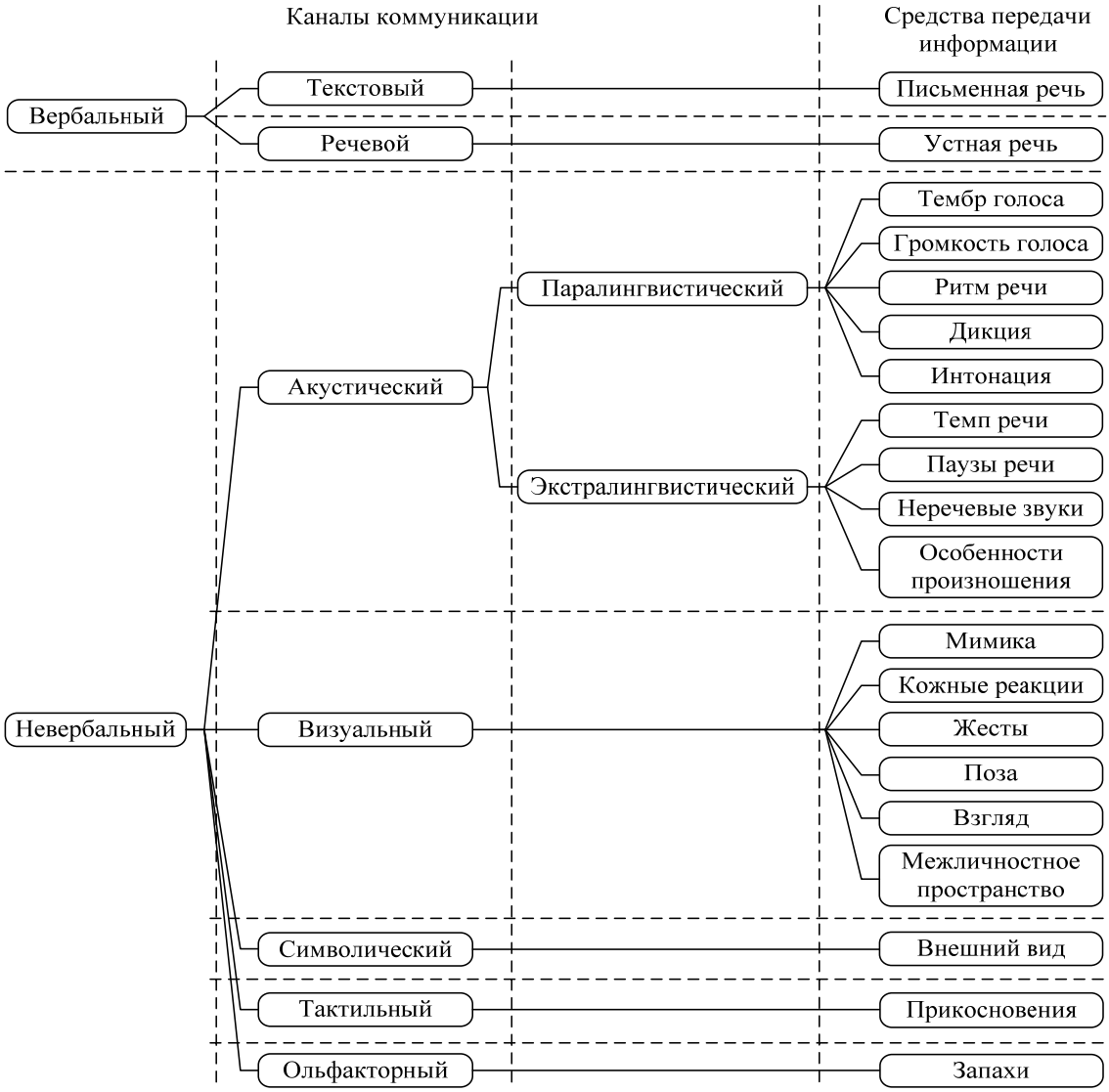


Рис. 1. Основные каналы межличностной коммуникации
Fig. 1. The main channels of interpersonal communication

Таким образом, имеется актуальная научная задача научно-методического обеспечения полимодального диалога абонентов в процессе коммуникативного взаимодействия через технические средства ПИКС и реализации передачи максимального объема сообщений различных модальностей с заданным качеством при заданных ресурсах СПД. В ее рамках целесообразно выделить две частные задачи исследований, заключающиеся, во-первых, в моделировании, а во-вторых, в алгоритмизации процессов передачи и использования модальностей (в примере – клавиатурного почерка) в рамках ПИКС для идентификации психоэмоционального состояния личности. Решение сформулированных выше общей и частных научных задач позволит повысить эффективность межличностной коммуникации должностных лиц СГУ посредством увеличения количества информации о состоянии абонента, необходимой для принятия адекватных управленческих решений. Однако, такой

подход входит в противоречие с традиционным принципом предоставления пользователям СПД услуг связи и информатизации.

Научно-методический инструментарий решения поставленных задач

Исследования [1] показали, что типовая организация диалога между абонентами, базирующаяся на разделении передаваемой информации на услуги, не всегда обеспечивает требуемую эффективность межличностной коммуникации. Традиционная инфо-коммуникационная система раздельно реализует функции получения, обработки, передачи и восстановления сообщений. Введение новой услуги – передачи параметров дополнительной модальности (в данном случае клавиатурного почерка) – обусловит необходимость аддитивного наращивания числа передаваемых в СПД блоков данных, то есть потребует увеличения пропускной способности каналов связи и производительности АПСС. Для СГУ это выливается в дополнительные расходы бюджетных средств.

В ПИКС количество и типаж передаваемых модальностей определяется управленческой ситуацией. Так, например, услуга видеоконференц-связи по протоколу Н.323 требует стандартный канал не менее 380 кбит/с. При этом для СГУ в 95% управленческих ситуаций на экране терминала воспроизводится только так называемая «говорящая голова». В данных условиях за счет сжатия изображения фона такая услуга может быть качественно организована по каналам СПД на скорости передачи 160 кбит/с. Но в традиционной инфокоммуникационной системе освободившаяся пропускная способность может быть использована на 50% из-за обилия служебной информации, в том числе бит заголовков блоков данных [6].

При условии обеспечения аналогичного качества восприятия видеосообщения в ПИКС визуальные и акустические модальности этого сеанса можно передать на скорости 160 кбит/с вместе с модальностью клавиатурного почерка [1]. Вместе с этим современные многомодальные АТ позволяют из видеоизображения на приемной части (то есть без дополнительных затрат пропускной способности каналов связи) выделить текущие особенности движения губ, глаз и лицевых мышц, а также актуальные жесты. Следовательно, в совокупности с клавиатурным почерком должностное лицо СГУ может получить сведения о психофизическом состоянии корреспондента с высокой степенью достоверности [7].

Для решения такой задачи необходимо заблаговременно создать базу исходных параметров исследуемого субъекта, обучить систему распознавания и обеспечить вывод результирующей информации на соответствующем интерфейсе АТ должностного лица СГУ (например, в виде пиктограммы или активного экранного гаджета). Таким образом, для реализации выбранного подхода в дополнение к существующим технологиям и средствам (многомодальным АТ [1] и АПСС [6]) необходима разработка научно-методического инструментария и программ, обеспечивающих в совокупности:

– ранжирование модальностей по приоритетам в зависимости от ситуации в СГУ;

– индивидуальную или групповую обработку (в том числе синхронизацию) модальностей в соответствии с их рангом в передающем интерфейсе;

– формирование полимодального сообщения в соответствии с имеющейся пропускной способностью СПД;

– обработку полимодального сообщения в приемном интерфейсе с выделением сигналов модальностей;

– синхронизация сигналов модальностей с системами распознавания состояния корреспондента (визуального и акустического каналов, клавиатурного почерка и пр.) в АТ;

– интерпретация информации с ее выводом на систему отображения на экране должностного лица СГУ.

Перечисленные актуальные практические задачи предметной области до сих пор еще не решены, ряд научно-методических аспектов только рассматриваются в постановочном плане. Следовательно, существуют объективные предпосылки для дальнейшего развития теории полимодальных инфокоммуникационных систем в направлении более полного учета особенностей обработки сигналов различных модальностей (в том числе клавиатурного почерка) в передающем и приемном модулях.

Целью таких исследований может быть как повышение качества идентификации психофизического состоянии корреспондента в интересах должностных лиц СГУ, так и максимизация эффективности использования каналов СПД и производительности АПСС. Следовательно, в условиях допущения об известной функциональной зависимости достоверности идентификации распознающей системы АТ от параметров количества информации, полученных в полимодальном сообщении, можно сформулировать следующие (прямую и двойственную) оптимизационные задачи предметной области:

– максимизация количества Q_{DATA} информации о психофизическом состоянии корреспондента ПИКС при ограничениях на величину B_i пропускной способности каналов связи СПД

$$Q_{DATA}(m_a(t), q_a) \to \max;\ B_i \le B_{i\max}, \quad (1)$$

где $m_a(t)$ – число активных в наблюдаемое время модальностей (в соответствии с примером: визуальных, акустических и клавиатурного почерка), q_a – количество информации, доставляемой конкретной активной модальностью, $a = 1,\dots,A$;

– максимизация коэффициента ρ_i использования каналов связи СПД при ограничениях на минимум количества $Q_{DATA\min}$ необходимой информации о психофизическом состоянии корреспондента ПИКС

$$\rho_i(t) = \frac{B_i}{B_{i\max}} \to \max;\ Q_{DATA}(m_a(t), q_a) \le Q_{DATA\min}. \quad (2)$$

Заключение

Для решения поставленных оптимизационных задач в настоящее время осуществляется обоснование научно-методических средств моделирования, в том числе математических; определение потенциальных и предельных характеристик ПИКС для всей совокупности модальностей в каждой управленческой ситуации; выбор инструментария оценки параметров СПД при обслуживании полимодальных сообщений. В этом смысле в качестве основополагающей методологии целесообразно использовать подходы теории иерархических многоуровневых систем [8], в частности инструментарий отношения соответствий, посредством которых можно объединить в единую иерархическую модель новые формализмы и традиционные для предметной области страты, отображающие блоки данных, топологии сетей и свойства систем массового обслуживания.

Список литературы
References

1. Басов О.О., Карпов А.А., Саитов И.А. 2015. Методологические основы синтеза полимодальных инфокоммуникационных систем государственного управления. Орел, Академия ФСО России. 272 с.

Basov O.O., Karpov A.A., Saitov I.A. 2015. Metodologicheskie osnovy sinteza polimodal'nyh infokommunikacionnyh sistem gosudarstvennogo upravlenija. Orjol, Akademija FSO Rossii. 272 s.

2. Басов О.О., Саитов И.А. 2015. Методы передачи полимодальной информации. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. Том 15 (2): 293–299.

Basov O.O., Saitov I.A. 2015. Metody peredachi polimodal'noj informacii. Nauchno-tehnicheskij vestnik informacionnyh tehnologij, mehaniki i optiki. Tom 15 (2): 293–299.

3. Басов О.О., Саитов И.А. 2013. Основные каналы межличностной коммуникации и их проекция на инфокоммуникационные системы. Труды СПИИРАН. Вып. 7(30): 122–140.

Basov O.O., Saitov I.A. 2013. Osnovnye kanaly mezhlichnostnoj kommunikacii i ih proekcija na infokommunikacionnye sistemy. Trudy SPIIRAN. Vyp. 7(30): 122–140.

4. Козыренко Н.С., Мещеряков Р.В., Ходашинский И.А., Ануфриева Н.Ю. 2014. Математическое и алгоритмическое обеспечение оценки состояния здоровья человека. Труды СПИИРАН. Вып. 2(33): 116–146.

Kozyrenko N.S., Meshherjakov R.V., Hodashinskij I.A., Anufrieva N.Ju. 2014. Matematicheskoe i algoritmicheskoe obespechenie ocenki sostojanija zdorov'ja cheloveka. Trudy SPIIRAN. Vyp. 2(33): 116–146.

5. Рыбченко Д.Е. 1997.Критерии устойчивости и индивидуальности компьютерного почерка при вводе ключевых фраз. Специальная техника средств связи. Серия «Системы, сети и технические средства конфиденциальной связи». Вып. 2: 104–107.

Rybchenko D.E. 1997.Kriterii ustojchivosti i individual'nosti komp'juternogo pocherka pri vvode kljuchevyh fraz. Special'naja tehnika sredstv svjazi. Serija «Sistemy, seti i tehnicheskie sredstva konfidencial'noj svjazi». Vyp. 2: 104–107.

6. Саитов И.А. 2008. Основы теории построения защищенных мультипротокольных оптических транспортных сетей телекоммуникационных систем. Орел, Академия ФСО России. 220 с.

Saitov I.A. 2008. Osnovy teorii postroenija zashhishhennyh mul'tiprotokol'nyh opticheskih transportnyh setej telekommunikacionnyh sistem. Orjol, Akademija FSO Rossii. 220 s.

7. Носов М. В. Басов О.О., Хахамов П.Ю. 2014. Повышение эффективности управления в условиях изменения психофизиологического состояния персонала. Труды СПИИРАН. Вып. 3 (34): 112–135.

Nosov M. V. Basov O.O., Hahamov P.Ju. 2014. Povyshenie jeffektivnosti upravlenija v uslovijah izmenenija psihofiziologicheskogo sostojanija personala. Trudy SPIIRAN. Vyp. 3 (34): 112–135.

8. Месарович М., Мако Д., Такахара И. 1973. Теория иерархических многоуровневых систем. М., Мир. 345с.

Mesarovich M., Mako D., Takahara I. 1973. Teorija ierarhicheskih mnogourovnevyh sistem. M., Mir. 345 s.

УДК 621.391.15

ТЕХНОЛОГИЯ СКРЫТНОГО КОДИРОВАНИЯ ГЕОДАННЫХ В СНИМКАХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

TECHNOLOGY COVERT ENCODING OF GEODATA IN THE IMAGES OF THE EARTH'S SURFACE

Е.Г. Жиляков, Т.Н. Балабанова, Е.С. Лихогодина, П.Г. Лихолоб
E.G. Zhilyakov, T.N. Balabanova, E.S. Likhogodina, P.G. Likholob

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, sozonova@bsu.edu.ru, 732253@bsu.edu.ru, likholob@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается возможность внедрения геоданных в снимки земной поверхности при помощи методов стеганографии. Рассмотрен стеганографический модифицированный метод Коха–Жао, а также предложен субполосный метод кодирования информации, позволяющий помещать геоданные в изображение с внесением меньшего числа искажений.

Resume. This article presents the possibility of implementing a geodata in images of the earth surface using the methods of steganography. Considered steganographic modified method of Koch–Zhao and proposed a subband method that allows you to put geodata in the image introducing fewer distortions.

Ключевые слова: геоданные, стеганография, метод Коха–Жао, субполосный метод.
Keywords: geodata, steganography, Koch–Zhao method, subband method.

Значительную роль в современной картографии играют изображения, полученные с искусственных спутников Земли или с помощью аэросъемки. Все чаще их применяют для поиска оптимального маршрута, анализа состояния объектов и их идентификации. В настоящее время использование снимков земной поверхности характерно для различных сфер жизнедеятельности человека: природопользование, сельское хозяйство, экологическая безопасность, земельный кадастр, навигация, моделирование, картография, мониторинг, энергетика и т.п. Изображения, полученные с помощью космической и аэросъемки, для проведения анализа добавляют в базы данных, сопоставляя их с геоинформацией. Под геоданными понимается информация о географическом положении и состоянии пространственных объектов, а также об изменениях в их состоянии.

Существующие технологии хранения геоданных используют базы данных и соответствующие им изображения, что заметно увеличивает трафик для мобильных устройств при использовании геоданных. Таким образом, представляется целесообразным хранить информацию об изображении (геоданные) в самом изображении, используя скрытное кодирование, не вносящее видимых пользователю искажений и не влияющее на системы автоматической идентификации. Методы, позволяющие осуществить скрытное кодирование, принято называть стеганографическими [1].

На рисунках 1 и 2 предложены схемы кодирования и декодирования геоданных в изображении.

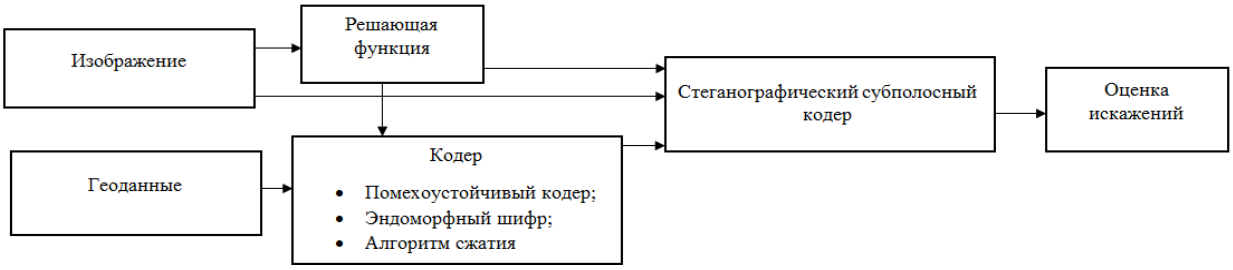


Рис. 1. Схема кодирования информации
Fig. 1. The scheme of encoding information

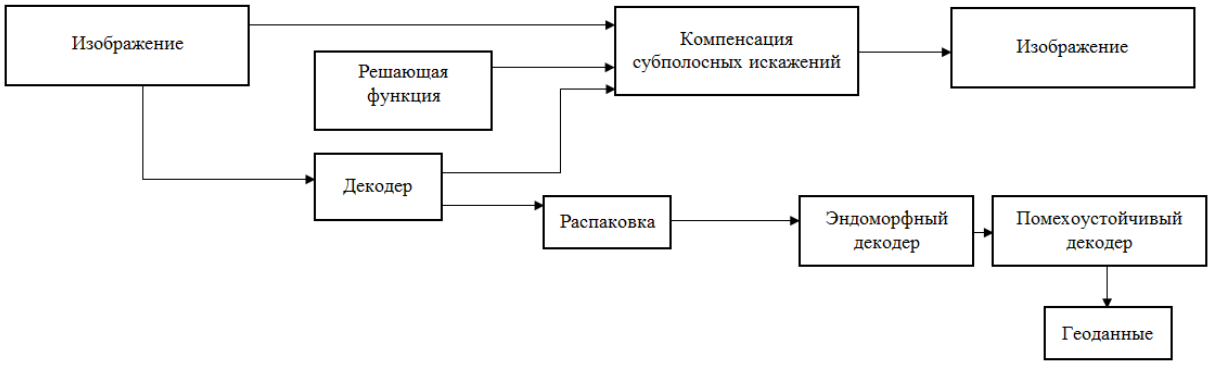


Рис. 2. Схема декодирования информации
Fig. 2. The scheme of decoding information

Для скрывающего кодирования информации в изображении в работе будет использовано матричное представление, модель которого приведена ниже.

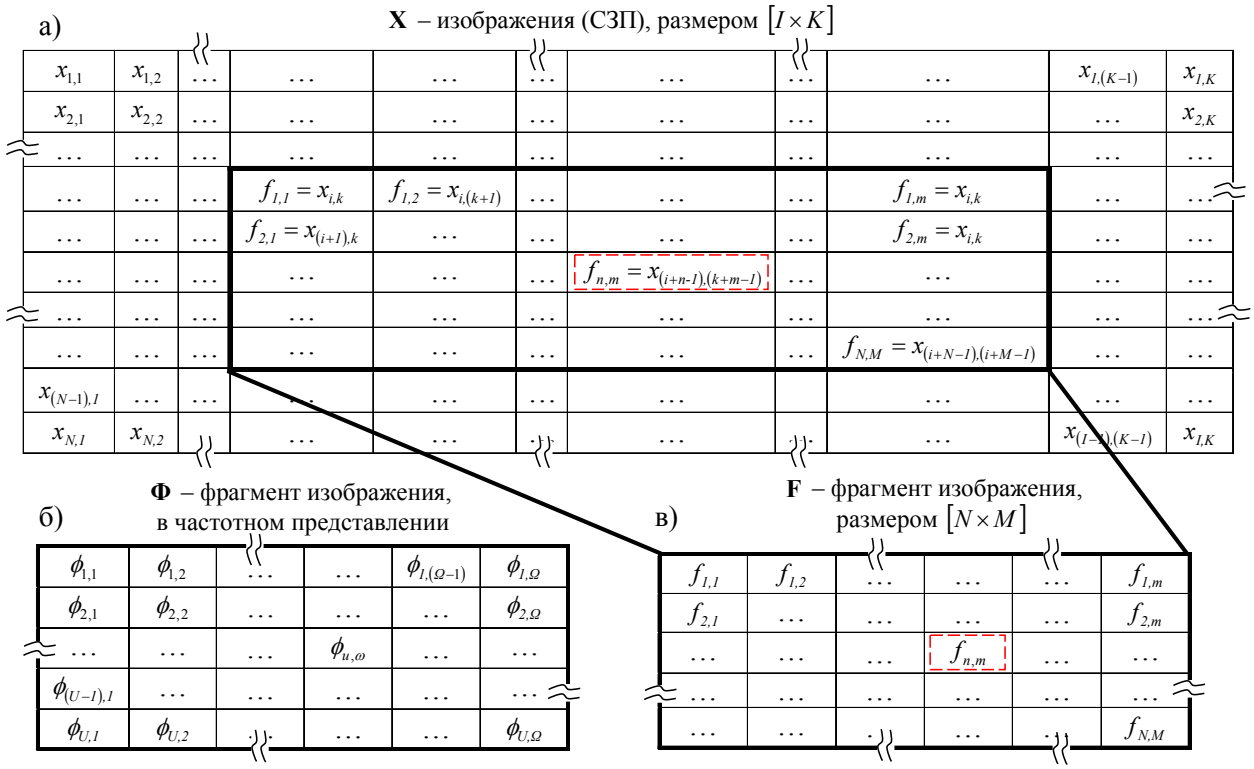


Рис. 3. Модель матричного представления изображения: а) изображение; б) фрагмент изображения в частотном представлении; в) фрагмент изображения размером $[N \times M]$
Fig. 3. Matrix representation of image: a) image; b) the fragment of image in frequency representation; c) the fragment of image size $[N \times M]$

Рисунок 3а – это представленный в цифровой форме результат регистрации энергии от зрительного образа объекта или явления, хранимый, передаваемый или используемый для дальнейшего воспроизведения в виде пикселей. Под пикселем будем понимать наименьший зарегистрированный неделимый элемент изображения в пространственной области, являющейся количественной оценкой энергии в регистрируемой частотной полосе.

В практике цифровой обработки изображений известны методы, в основе которых лежит не само изображение, а его дискретно-косинусное преобразование (ДКП). Известно [2] прямое дискретное косинусное преобразование и обратное дискретное косинусное преобразование.

Прямое ДКП:

$$\mathbf{\Phi} = \mathbf{D} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{D}^{T} \qquad (1)$$

где $\mathbf{F}$ – блок изображения размера $[N \times M]$, со значениями пикселей $f_{n,m}$;

$\mathbf{\Phi}$ – блок коэффициентов ДКП;

размера $[U \times \Omega]$, со значениями $\phi_{u,\omega}$;

$\mathbf{D}$ – матрица ДКП, $\mathbf{D} = \{d_{u,\omega}\}$,
$u = 1,2,\ldots,U$ $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.

Обратное ДКП:

$$\hat{\mathbf{F}} = \mathbf{D}^T \cdot \mathbf{\Phi} \cdot \mathbf{D}, \tag{2}$$

где $\hat{\mathbf{F}}$ – блок изображения, восстановленного из частотных коэффициентов ДКП.

Матрица $\mathbf{D}$, хранит набор функций косинуса в дискретном виде, которые необходимы для осуществления ортогонального преобразования изображения $\mathbf{F}$ (1) и (2) в ДКП - ФИ.

$$d(u,\omega) = \frac{1}{\sqrt{N \times M}} C(u) C(\omega) \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} \cos\left[\frac{\pi(2n+1)u}{2N}\right] \cos\left[\frac{\pi(2m+1)\omega}{2M}\right], \tag{3}$$

где u, ω – шаг дискретной частоты $u = 1,2,\ldots,U$ $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$;
$C(l)$ – коэффициенты:

$$C(l) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, l = 1 \\ 1, \quad l > 1 \end{cases}, \ l \ \textit{соответствует и или} \ \omega. \tag{4}$$

Этот математический аппарат положен в основу метода стеганографии Коха–Жао. Суть метода состоит в кодировании бита информации путем замены действительных значений величин коэффициентов ДКП, выбираемых после предварительного анализа частотной области изображения. Предварительный анализ позволяет выбрать частотные координаты по заранее известному решающему правилу. Кодирование и декодирование осуществляется в коэффициентах ДКП.

Алгоритм кодирования:

1. Изображение, представленное в цифровом виде, разбить на блоки $\mathbf{F}$ $[N \times M]$ пикселей.
2. Представить геоданные в виде символов $e_{\text{w}} \in \{1,-1\}$.
3. Задать размер частотных областей ДКП $[U \times \Omega]$.
4. Рассчитать матрицу ДКП $\mathbf{D}$.
5. Найти коэффициенты ДКП: $\mathbf{\Phi} = \{\phi_{u,\omega}\}$, $u = 1,2,\ldots,U$, $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.
6. Согласно решающему правилу выбрать номера коэффициентов ДКП: $u \in U$, $\omega \in \Omega$.
7. Согласно кодируемому символу e_{w} осуществить кодирование.
8. Осуществить обратное ДКП, $\hat{\mathbf{\Phi}} = \{\hat{\phi}_{u,\omega}\}$, $u = 1,2,\ldots,U$, $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.

Алгоритм декодирования:

1. Изображение, представленное в цифровом виде, разбить на блоки $\hat{\mathbf{F}}$ $[N \times M]$ пикселей.
2. Задать размер частотных областей ДКП $[U \times \Omega]$.
4. Рассчитать матрицу ДКП $\mathbf{D}$.
5. Найти коэффициенты ДКП: $\hat{\mathbf{\Phi}} = \{\hat{\phi}_{u,\omega}\}$, $u = 1,2,\ldots,U$, $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.
6. Согласно решающему правилу выбрать номера коэффициентов ДКП: $u \in U$, $\omega \in \Omega$.
7. Декодировать символ геоданных e_{w}.

На рисунке 4 представлена известная частотная модель изображения, в которой осуществлено разделение матрицы коэффициентов ДКП на частотные области. Так, самые низкие частоты расположены в левом верхнем углу изображения, а самые высокие – в правом нижнем. Известно, что наиболее эффективным является кодирование информации в области средних частот, так как низкие частоты содержат наибольшую часть энергии изображения, а высокие – наиболее подвержены искажениям, вносимым каналом связи и больше поддаются влиянию при обработке.

Оценка искажений, вносимых в изображение после скрытного кодирования, определялась по формуле корреляции (5), оценивающей меру близости между исходным фрагментом изображения и фрагментом со скрытно закодированной информацией.

$$\rho = \frac{\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M}\left(F_{n,m} - \frac{1}{N \cdot M}\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} F_{n,m}\right)\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M}\left(\hat{F}_{n,m} - \frac{1}{N \cdot M}\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} \hat{F}_{n,m}\right)}{\sqrt{\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M}\left(F_{n,m} - \frac{1}{N \cdot M}\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} F_{n,m}\right)^2 \sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M}\left(\hat{F}_{n,m} - \frac{1}{N \cdot M}\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M} \hat{F}_{n,m}\right)^2}} \tag{5}$$

где $F_{n,m}$ - пиксель исходного фрагмента изображения $\mathbf{F}$;
$\hat{F}_{n,m}$ - пиксель исходного фрагмента изображения $\hat{\mathbf{F}}$;

ρ - степень корреляции между изображением $\mathbf{F}$ и изображением $\hat{\mathbf{F}}$.

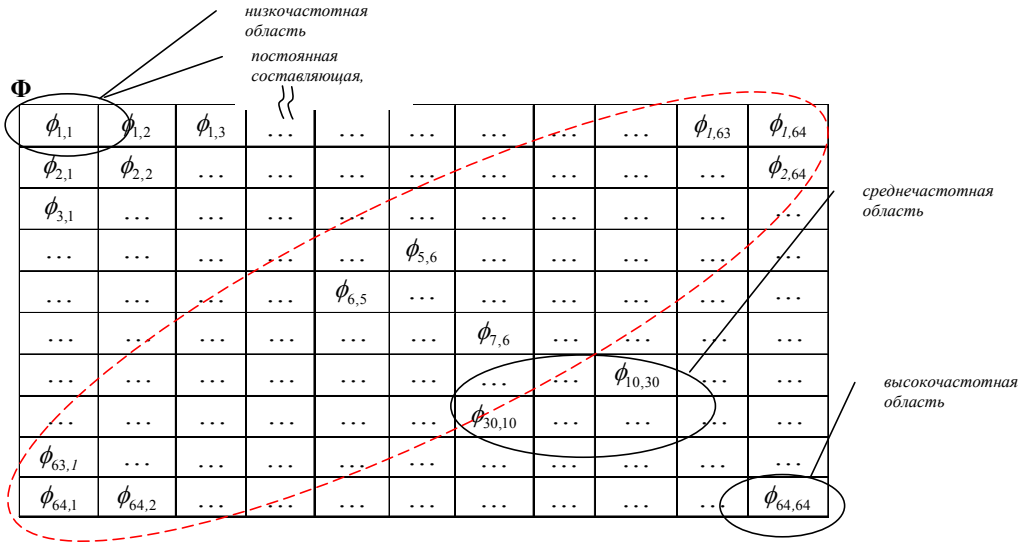


Рис. 4. Частотная модель изображения
Fig. 4. Frequency model image

Результат расчетов представлен в таблице 1. Основным недостатком метода, и в целом методов использующих для кодирования частотную область, является использование при ДКП всех пикселей изображения, что не позволяет выполнять пространственную избирательность. Как можно увидеть на рисунке 5, при изменении коэффициентов, расположенных в низкочастотной области, и при повышении частоты кодирования (рис. 5 в-д) в изображении появляются значительные искажения, такие, как пятна и рябь. Так как коэффициент (1;1) содержит в себе информацию о постоянной составляющей сигнала, при его изменении изображение полностью затеняется (рис. 5 б). Эта особенность связана с распределением энергии в изображении.

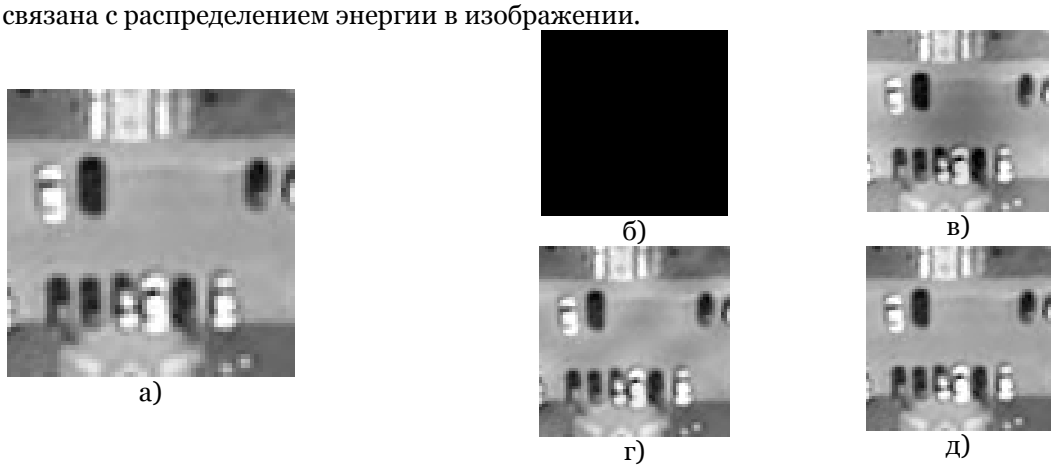


Рис. 5. Фрагмент изображения: а) исходного; б) при инвертировании коэффициентов ДКП с координатами (1,1); в) при инвертировании коэффициентов ДКП с координатами (3,1); г) при инвертировании коэффициентов ДКП с координатами (6,7); д) при инвертировании коэффициентов ДКП с координатами (45,46)
Fig. 5. The fragment of image: a) input; b) by inverting the DCT coefficients with coordinates (1,1); c) by inverting the DCT coefficients with coordinates (3,1); d) by inverting the DCT coefficients with coordinates (6,7); e) by inverting the DCT coefficients with coordinates (45,46)

В процессе проведенных предварительных исследований было отмечено, что информация, закодированная в ВЧ- и СЧ-областях, менее стойкая к внешним воздействиям по сравнению с информацией, закодированной в НЧ-области. Но как видно из табл. 1 и показанного ранее рис. 5 б, в, г, искажения в ВЧ- и СЧ-областях существенны. Следовательно, необходимо разработать более избирательный метод скрытного кодирования, в котором все преобразования и анализ будут происходить в пространственной области с наименьшими потерями.

Таблица 1
Table 1

Оценка искажений, вызываемых внедрением информации при помощи метода Коха–Жао
Evaluation of the distortion caused by embedding the information using the Koch–Zhao

Частотная область	№ эксперимента	Коэффициенты		Корреляция, ρ
		u	ω	
1	2	3	4	5
НЧ	1	1	2	0.9864
		2	1	
НЧ	2	1	1	∞
		2	2	
НЧ	3	1	3	0.8072
		3	1	
НЧ	4	5	6	0.9699
		6	5	
НЧ	5	6	5	0.9865
		7	6	
НЧ	7	9	10	0.9978
		10	9	
СЧ	6	25	12	0.9981
		26	13	
СЧ	8	10	30	0.9998
		30	10	
СЧ	9	37	38	0.9999
		38	37	
ВЧ	10	45	46	*близко к 1*
		46	45	
ВЧ	11	62	63	*близко к 1*
		63	62	

Математической основой предложенного метода является субполосное преобразование [3, 4].

Прямое субполосное преобразование производится с помощью получения субполосной проекции (6), при этом ядро субполосной матрицы имеет вид (7). Обратное преобразование происходит путем построчного скалярного произведения транспонированной матрицы собственных векторов на матрицу субполосной проекции (8).

Прямое субполосное преобразование (получение субполосных проекций):

$$\mathrm{A}_r = \langle \mathbf{Q}_r, \mathbf{F} \rangle, \; r = 1, 2, 3, \ldots, R \tag{6}$$

где $\mathbf{F}$ – блок изображения размера $[N \times M]$ со значениями пикселей $f_{n,m}$;

A_r – вектор-матрица, содержащая значения субполосных проекций, $\mathrm{A}_r = \{\alpha_{r,\omega}\}$;

$\mathbf{Q}_r$ – матрица, в строках которой расположены собственные вектора субполосной матрицы [4, 5].

Ядро субполосной матрицы B_r имеет вид:

$$\mathrm{B}_r = 2\frac{\sin\left[\frac{\upsilon_{2,r} - \upsilon_{1,r}}{2}(u-\omega)\right]}{\pi(u-\omega)}\cos\left[\frac{\upsilon_{2,r} + \upsilon_{1,r}}{2}(u-\omega)\right] \tag{7}$$

где u, ω – шаг дискретной частоты $u = 1,2,\ldots,U$, $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.

$$\mathrm{L}_r \mathbf{Q}_r = \mathbf{B}_r \mathbf{Q}_r \;,$$

где L_r – матрица собственных чисел.

Обратное субполосное преобразование:

$$\hat{\mathbf{F}} = \sum_{r=1}^{R} \langle (\mathbf{Q}_r)^T, \mathrm{A}_r \rangle, \tag{8}$$

где $\hat{\mathbf{F}}$ – блок изображения, восстановленного из значений субполосных проекций.

$(\;)^T$ – операция транспонирования;

$\langle\;\rangle$ – построчное скалярное произведение.

На рис. 6 предлагается модель изображения в субполосной области, приведенная для одной строчки изображения. Для уменьшения просачивания в соседние частотные области собственные числа субполосной матрицы целесообразно подбирать таким образом, чтобы они были близки к единице. Поэтому для изображения, приведенного ранее, и осуществления кодирования в одной строке, частотная полоса разбивалась на R=12 частотных интервалов, при этом первые два числа были близки к единице, соответственно кодирование осуществлялось в соответствующих им проекциях.

Строка n изображения $\mathbf{\Phi}\left[N \times M\right]$ может быть представлена $\alpha\left[N \times R\right]$ проекциями

	Первая частотная полоса $r = 1$	Вторая частотная полоса $r = 2$	…		…	Последняя частотная полоса $r = R$
	постоянная сост.	НЧ	…	СЧ	…	ВЧ
$j = 1$	$\alpha_{1,1}$	$\alpha_{2,1}$	…	…	…	$\alpha_{1,N}$
$j = 2$	$\alpha_{1,2}$	$\alpha_{2,2}$	…	…	…	$\alpha_{2,N}$
…	…	…	…	…	…	…
$j = n$	…	…	…	$\alpha_{r,j}$	…	$\alpha_{r,N}$
…	…	…	…	…	…	…
$j = N$	$\alpha_{1,N}$	$\phi_{2,N}$	…	…	…	$\alpha_{R,N}$

Рис. 6. Модель изображения в частотной области
Fig. 6. Model of image in frequency domain

Субполосный метод скрытного кодирования геоданных в изображении осуществляется в пространственной области изображения без перехода частотную (9), но при этом ряд решающих правил позволяет выбрать частотную полосу для кодирования, степень просачивания в соседние полосы, величину вносимых искажений, а также определить стойкость геоданных к искажениям (к примеру, шуму).

Декодирование осуществляется так же в пространственной области.

Стоит отметить, что предложенный способ субполосного кодирования позволяет восстановить исходные значения пикселей, зная только решающие правила, по которым осуществлялось кодирование. Разница в энергии между восстановленным и исходным изображением, согласно данным эксперимента, составляет 10^(-16).

Алгоритм кодирования:

1. Изображение, представленное в цифровом виде, разбить на блоки $\mathbf{F}\left[N \times M\right]$ пикселей.
2. Представить геоданные в виде символов $e_w \in \{1,-1\}$.
3. Выбрать количество частотных областей R.
4. Рассчитать субполосную матрицу $\mathrm{L}_r\mathbf{Q}_r = \mathbf{B}_r\mathbf{Q}_r$.
5. Найти разложение субполосной матрицы $\mathbf{B}_r$ на собственные вектора $\mathbf{Q}_r = \{\vec{q}_\omega\}$ и собственные числа L_r, $r = 2, 3, \ldots, R$, $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.
6. Найти проекции строки: $\mathrm{A}_r = \langle \mathbf{Q}_r, \mathbf{F} \rangle$, $\mathrm{A}_r = \{\alpha_{r,\omega}\}$ $r = 2, 3, \ldots, R$, $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.
7. Согласно ряду решающих правил выбрать субполосные проекции: $\alpha_{r,\omega}$.
8. Согласно кодируемому символу e_w осуществить кодирование:

$$\hat{\mathbf{F}} = \mathbf{F} + K \cdot e_w \cdot \left|\alpha_{r,\omega}\right| \cdot \vec{q}_{r,\omega}. \quad (9)$$

Алгоритм декодирования:

1. Изображение, представленное в цифровом виде, разбить на блоки $\mathbf{F}\left[N \times M\right]$ пикселей.
2. Представить геоданные в виде символов $e_w \in \{1,-1\}$.
3. Выбрать количество частотных областей R (необходимо совпадение с кодером).
4. Рассчитать субполосную матрицу $\mathrm{L}_r\mathbf{Q}_r = \mathbf{B}_r\mathbf{Q}_r$.
5. Найти разложение субполосной матрицы $\mathbf{B}_r$ на собственные вектора $\mathbf{Q}_r = \{\vec{q}_\omega\}$ и собственные числа L_r, $r = 2, 3, \ldots, R$, $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.
6. Найти проекции: $\mathrm{A}_r = \langle \mathbf{Q}_r, \mathbf{F} \rangle$, $\mathrm{A}_r = \{\alpha_{r,\omega}\}$ $r = 2, 3, \ldots, R$, $\omega = 1,2,\ldots,\Omega$.
7. Согласно ряду решающих правил выбрать субполосные проекции: $\alpha_{r,\omega}$.

8. Осуществить декодирование, $\hat{e}_w$.

Предложенный алгоритм позволяет производить адаптивное субполосное кодирование в задаваемой частотно-пространственной области. Стоит отметить, что для кодирования информации использовано одномерное разложение. Стоит отметить, что скрытное кодирование осуществлялось во всех строчках, следовательно, пропускная способность метода выше, не менее чем в 64 раза по сравнению с методом Коха–Жао.

На рисунке 7 и в таблице 2 приведены результаты вычислительного эксперимента для стеганографического кодирования информации в изображении методом субполосных проекций. Несложно заметить, что искажения проявляются в виде «ряби» (пространственного гармонического сигнала).Искажения в виде ряби менее заметны на фрагментах, имеющих одинаковую интенсивность, в случае смены интенсивности рябь усиливается (рисунок 7 в, г), а корреляция уменьшается. Для минимизации этих искажений необходима разработка дополнительного решающего правила, которое может осуществить избирательность в пространственной области.

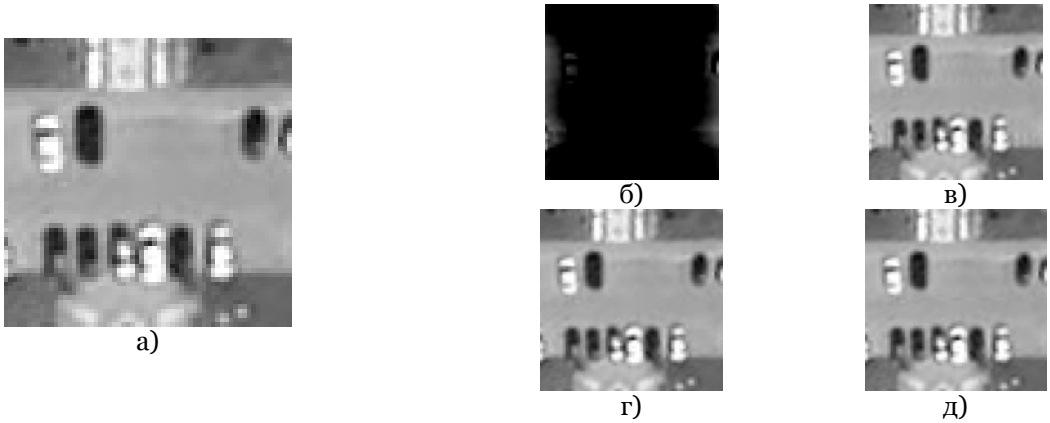


Рис. 7. Фрагмент изображения: а) исходного; б) при инвертировании коэффициентов ДКП координатами (1,1) – низкочастотная область; в) при инвертировании коэффициентов ДКП координатами (10,1) – высокочастотная область; г) при инвертировании коэффициентов ДКП координатами (2,1) – низкочастотная область; д) при инвертировании коэффициентов ДКП координатами (4,1) – среднечастотная область
Fig. 7. The fragment of image: a) input; b) by inverting the DCT coefficients with coordinates (1,1) – low frequency domain; c) by inverting the DCT coefficients with coordinates (10,1) – high frequency domain; d) by inverting the DCT coefficients with coordinates (2,1)) – low frequency domain; e) by inverting the DCT coefficients with coordinates (4,1) – mid-frequency domain

В таблице 2 представлены результаты эксперимента для метода субполосных проекций. При кодировании того же фрагмента изображения искажения во всех частотных областях становятся значительно меньше и, следовательно, корреляция возрастает.

Таблица 2
Table 2

Оценка искажений, вызываемых внедрением информации при помощи метода субполосных проекций
Evaluation of the distortion caused by embedding the information using the method of subband projections

Частотная область	**№ эксперимента**	**Коэффициенты**		**Корреляция, ρ**
		r	j	
1	**2**	**3**	**4**	**5**
НЧ	1	1	1	0.9164
НЧ	2	1	2	0.9999
СЧ	3	4	1	0.9989
СЧ	4	4	5	0.9987
СЧ	5	4	10	*близко к 1*
СЧ	7	4	30	0.9999
СЧ	6	6	15	*близко к 1*
СЧ	8	6	30	*близко к 1*
СЧ	9	6	50	0.9999
ВЧ	10	11	50	*близко к 1*
ВЧ	11	12	60	*близко к 1*

Таким образом, предложенный метод стеганографической обработки цифровых изображений позволяет осуществить кодирование геоданных непосредственно в изображении без заметного ухудшения его визуального качества.

Достоинством предложенного метода по сравнению с существующими, является увеличенная пропускная способность при использовании фрагментов больше 64 пикселей, меньшая степень искажений, возможность избирательности в пространственной и частотной областях, заложенных в математическую модель. Это достигается за счет математического аппарата [6] и предложенного способа кодирования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-07-01570 (Субполосная скрытная интеграция/извлечение дополнительной информации в аудио- или видео- контентах).

Список литературы
References

1. Mauro Barni. A DCT-domain system for robust image watermarking / Mauro Barni, Franco Bartolini, Vito Cappellini, Alessandro Piva//Signal Processing 1998, 66(3):357–372.

Mauro Barni. A DCT-domain system for robust image watermarking / Mauro Barni, Franco Bartolini, Vito Cappellini, Alessandro Piva//Signal Processing 1998, 66(3):357–372.

2. Barni M. Capacity of the watermark-channel: how many bits can be hidden within a digital image? / Barni M, Bartolini F, De Rosa A, Piva A// Security and Watermarking of Multimedia Contents, January 1999, San Jose, Calif, USA, Proceedings of SPIE, p. 437–448.

Barni M. Capacity of the watermark-channel: how many bits can be hidden within a digital image? / Barni M, Bartolini F, De Rosa A, Piva A// Security and Watermarking of Multimedia Contents, January 1999, San Jose, Calif, USA, Proceedings of SPIE, p. 437–448.

3. Жиляков, Е.Г. Вариационные методы анализа сигналов на основе частотных представлений / Е.Г. Жиляков, С.П. Белов, А.А. Черноморец// Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, вып.1. – Москва: Изд-во ОАО «ЦНИИ «Электроника», 2010. – С. 10–26.

Zhilyakov E.G. Variatsionnye metody analyza signalov na osnove chastotnyh predstavlenij /E.G. Zhilyakov, S.P. Belov, A.A. Chernomorets// Voprosy radioelectroniki, ser. EVT, v.1. – Moskva. Izd-vo OAO «Elektronika», 2010. – S. 10–26.

4. Жиляков, Е.Г. Вариационные методы синтеза сигналов на основе частотных представлений / Е.Г. Жиляков, С.П. Белов, А.А. Черноморец// Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, вып.1. – Москва: Изд-во ОАО «ЦНИИ «Электроника», 2010. – С. 5–10.

Zhilyakov E.G. Variatsionnye metody sinteza signalov na osnove chastotnyh predstavlenij /E.G. Zhilyakov, S.P. Belov, A.A. Chernomorets// Voprosy radioelectroniki, ser. EVT, v.1. – Moskva. Izd-vo OAO «Elektronika», 2010. – S. 5–10.

5. Жиляков, Е.Г. О субполосных свойствах изображений / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, А.С. Белов, Е.В. Болгова // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. – No8(151). – вып.26/1. – С. 175–182.

Zhilyakov E.G. O subpolosnich svoistvach izobrazhenij / E.G. Zhilyakov, S.P. Belov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova// Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2013. – No8 (151). – V.26/1. – S. 175–182.

6. Е.Г. Жиляков. О разложении изображений по собственным векторам субполосных матриц / Е.Г. Жиляков, А. Черноморец, Е.В. Болгова// Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014. – No15(186). – вып.31/1. – С. 185–189.

Zhilyakov E.G. O razlozhenii izobrazhenij po sobstvennym vectoram subpolosnych matrits / E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova// Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2014. – No15(186). – V.31/1. – S. 185–189.

7. Е.Г. Жиляков. Исследование устойчивости стеганографии в изображениях / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова, Н.Н.Гахова// Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014 – No1(172). – вып.29/1. – С . 168–174.

Zhilyakov E.G. Issledovanie ustoychivosty steganographii v izobrazheniyach / E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova, N.N. Gachova// Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2014. – No1 (172). – V.29/1. – S. 168–174.

8. Е.Г. Жиляков. Субполосный метод скрытного внедрения информации в изображения / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец// Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. – 2012. – No13(132). – вып.23/1. – С. 216–221.

Zhilyakov E.G. Subpolosny metod skrytnogo vnedreniya informatsii v izobrazheniya / E.G. Zhilyakov, A.A. Chernomorets// Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2012. – No 13 (132). – V.23/1. – S. 216–221.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Асадуллаев Р.Г. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Балабанова Т.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Басов О.О. – кандидат технических наук, сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации.
г. Орел

Батищев Д.С. – аспирант кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Богат Д.В. – консультант отдела реализации программ по переработке ТКО департамента ЖКХ Белгородской области.
г. Белгород

Болгова А.В. – аспирант кафедры педагогики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Болгова Е.В. – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Буряк Ж.А. – младший научный сотрудник отдела ФРЦ геоинформатики аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Буханцов А.Д. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Васильев П.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Великанский Р.Н. – аспирант кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Григорьева Е.А. – кандидат экономических наук, профессор Кубанского социально-экономического института.
г. Краснодар

Домашенко А.А. – кандидат экономических наук, доцент, начальник финансового отдела администрации Урюпинского муниципального района Волгоградской области.
г. Урюпинск

Дружкова И.В. – студент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий 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

Землякова А.В. – кандидат географических наук, начальник отдела геоинформатики ФРЦ аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Иващук О.А. – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Кисиленко А.В. – старший преподаватель кафедры социологии и организации работы с молодежью Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Кондратенко А.А. – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Котов Е.В. – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института экономики промышленности НАН Украины.
г. Донецк

Курлов А.В. – старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий 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

Ломакин В.В. – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Ляшенко В.И. – доктор экономических наук, профессор, зав. отделом экономики предпринимательства и регуляторной политики Института экономики промышленности НАН Украины.
г. Донецк

Майстренко А.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры Технологии и оборудование пищевых и химических производств Тамбовского государственного технического университета.
г. Тамбов

Майстренко Н.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры Системы автоматизированной поддержки принятия решений Тамбовского государственного технического университета.
г. Тамбов

Маторин С.И. – доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Медведева А.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Михелев В.М. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Михелев М.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Москаленко О.А. – кандидат экономических наук, доцент кафедры социальных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, старший преподаватель кафедры таможенных операций и таможенного контроля Белгородского университета кооперации, экономики и права.
г. Белгород

Мотиенко А.И. – научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук.
г. Санкт-Петербург

Муравьева Г.Ю. – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной экономики, финансов и кредита Костромского государственного технологического университета.
г. Кострома

Носов М.В. – кандидат технических наук, сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации.
г. Орел

Объедкова Л.В. – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Волгоградского государственного университета.
г. Волгоград

Оганесян Т.Л. – кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления Кубанского государственного технологического университета.
г. Краснодар

Опейкина Т.В. – кандидат философских наук, доцент кафедры менеджмента и торгового дела Волгоградского кооперативного института (филиала) Российского университета кооперации.
г. Волгоград

Павлов К.В. – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой экономики и управления Камского института гуманитарных и инженерных технологий.
г. Ижевск

Петров Д.В. – ассистент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Петров С.П. – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрооборудование и энергосбережение» ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет».
г. Орел

Петрушко Е.Н. – кандидат экономических наук, доцент кафедры социальных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, главный государственный таможенный инспектор отдела государственной службы и кадров Белгородской таможни.
г. Белгород

Пигнастый О.М. – доктор технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерного мониторинга и логистики Национального Технического Университета «ХПИ».
Украина, г. Харьков

Румбешт В.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Саитов С.И. – сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации.
г. Орел

Силкина Н.А. – кандидат социологических наук, ведущий специалист управления профессиональным развитием персонала ОАО «НЛМК».
г. Липецк

Слинков А.М. – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Федоров В.И. – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории НИЛ интеллектуальных автоматизированных систем управления Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Федоров С.С. – соискатель кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Фоменко Е.В. – кандидат географических наук Кубанского социально-экономического института.
г. Краснодар

Черноморец А.А. – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Черноморец Д.А. – студент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород

Шкилев В.В. – кандидат социологических наук, доцент кафедры социальных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, главный государственный таможенный инспектор отдела таможенного оформления и таможенного контроля таможенного поста МАПП Нехотеевка Белгородской таможни.
г. Белгород

Шкиотов С.В. – кандидат экономических наук, доцент, доцент Ярославского государственного технического университета.
г. Ярославль

Щербинина Н.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород