

ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

2020. Том 47, № 2

Ранее журнал издавался под названием «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика».

Основан в 1995 г.

Журнал включен в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям); 05.13.17 Теоретические основы информатики; 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. 08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности); 08.00.10 Финансы, денежное обращение и кредит). Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

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

Издатель: НИУ «БелГУ» Издательский дом «БелГУ».

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор

Е.Г. Жиликов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Заместитель главного редактора

Е.А. Стрябкова, доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой прикладной экономики и экономической безопасности института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ответственные секретари

Ю.В. Лыщикова, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Е.В. Болгова, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Члены редколлегии:

А.В. Бозомолов, доктор технических наук, профессор (Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Россия)

О.В. Ваганова, доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой инновационной экономики и финансов института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

М.В. Владыка, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, заместитель директора по научной работе института экономики и управления (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

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

В.П. Воронин, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры торгового дела и товароведения (Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

В.С. Голиков, доктор технических наук, профессор (Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), Мексика)

С.Л. Кантарджян, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой предпринимательства и управления (Ереванский государственный университет, Ереван, Армения)

Н.А. Кулагина, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры государственного управления, экономической и информационной безопасности, директор инженерно-экономического института (Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия)

А.С. Молчан, доктор экономических наук, профессор, директор института экономики, управления и бизнеса, заведующий кафедрой экономической безопасности (Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия)

Т.В. Никитина, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры банков, финансовых рынков и страхования (Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия)

В.Г. Рубанов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической кибернетики, заслуженный деятель науки РФ (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия)

А.А. Сирота, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий обработки и защиты информации (Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия)

В.Б. Сулимов, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский вычислительный центр, Москва, Россия)

В.М. Тумин, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента (Московский политехнический университет, Москва, Россия)

А.А. Черноморец, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77-77834 от 31.01.2020. Выходит 4 раза в год.

Выпускающий редактор Л.П. Котенко. Корректур, компьютерная верстка и оригинал-макет Ю.В. Ивахненко. Гарнитура Times New Roman, Arial Narrow, Impact. Дата выхода 30.06.2020. Оригиналы-макеты подготовлены отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

- 233 **Блануца В.И.**
Перспективные экономические специализации для российских регионов в Стратегии пространственного развития: клубы конвергенции
- 244 **Глотова А.С., Глотов Д.С. Титова И.Н.**
Диагностика конкурентоспособности региона в контексте привлечения человеческого капитала
- 254 **Столярова В.А., Столярова З.В., Трошин А.С.**
Методические подходы к оценке развития региона с позиции исследования уровня его туристского потенциала

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

- 264 **Крутов А.В.**
О связи управления созданием научного задела и групп разработок
- 274 **Ласкина Л.Ю., Силакова Л.В., Варакса А.М.**
Внедрение инноваций в ритейле и их влияние на стоимость компании
- 288 **Парфенова Е.Н., Авилова Ж.Н.**
Формирование условий инновационного развития экономики региона

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

- 295 **Горошко Н.В., Емельянова Е.К.**
Общественное здоровье и его влияние на формирование рынка реабилитационной медицины в России
- 308 **Киришина И.А.**
Выявление и классификация показателей энергетической эффективности предприятия как основа рационального расходования топливно-энергетических ресурсов
- 317 **Смирнова Е.В., Биндюкова А.В.**
Исследование потребителей клининговых услуг в сегменте B2C

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

- 328 **Антонова М.В., Чистникова И.В., Мишенин В.В.**
Многокритериальная оценка оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка
- 338 **Дорофеев М.Л.**
Особенности расчета стоимости капитала в концепции зеленых финансов и зеленых инвестиций

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 354 **Бирюков М.В., Климова Н.А., Гостищева Т.В.**
О самообучающихся машинных системах в процессе авторизации пользователей банкоматов
- 362 **Шеломенцева И.Г.**
Параметры фильтрации лапласианом-гауссианом микроскопических изображений мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена
- 372 **Гарянина А.И., Червяков Н.И.**
Обзор методов математического моделирования свойств генетического кода

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

- 380 **Заболотная Н.В., Гатилова И.Н., Заболотный А.Т.**
Цифровизация здравоохранения: достижения и перспективы развития
- 390 **Оболенский Д.М., Шевченко В.И.**
Концептуальная модель интеллектуальной образовательной экосистемы
- 402 **Кудашева М.С.**
Модель информационных потребностей малого агробизнеса в рамках единого информационного пространства

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 412 **Волчков В.П., Асирян В.М.**
Сжатие изображений с использованием дискретного преобразования Вейля – Гейзенберга
- 422 **Олейник И.И.**
Представление сигналов при обработке информации в малобазовой поляризационной измерительной системе
- 432 **Гольчевский Ю.В.**
Подходы к проектированию и разработке современного корпоративного web-ресурса
- 441 **Уманец С.В., Болдышев А.В., Лихолоб П.Г.**
Автоматическая сегментация речи путем анализа информационной однородности
- 452 **Сведения об авторах**

ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES

2020. Volume 47, № 2

Previously, the magazine was published under the title "Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies".

Founded in 1995

The journal is included into the List of Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications where the main scientific results of dissertations for obtaining scientific degrees of a candidate and doctor of science should be published (05.13.01 The system analysis, management and information processing (on branches), 05.13.17 Theoretical Foundations of Informatics, 05.13.18 Mathematical modeling numerical methods and program complexes, 08.00.05 Economy and management of a national economy (by branches and spheres of activity in t.ch., 08.00.10 Finance, monetary circulation and credit). The journal is introduced in Russian Science Citation Index (RSCI).

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

Publisher: Belgorod National Research University «BelSU» Publishing House.

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Chief Editor

E.G. Zhilyakov, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

Deputy editor-in-chief

E.A. Stryakova, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied Economics and Economic Security, Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

Editorial assistants:

Y.V. Lyshchikova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

E.V. Bolgova, Candidate of technical sciences, Senior Lecturer of the Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

Members of Editorial Board:

A.V. Bogomolov, Doctor of technical sciences, Professor (State Research Institute of Military Medicine of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia)

O.V. Vaganova, doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Innovative Economy and Finance of the Institute of Economics (BSU, Belgorod, Russia)

M.V. Vladyka, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Deputy Director for Research of the Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

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

V.P. Voronin, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Trade and Commodity Science (Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh, Russia)

V.S. Golikov, Doctor of technical sciences, Professor (Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), Mexico)

S.L. Kantardjan, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of «Entrepreneurship and management» (Yerevan State University, Yerevan, Armenia)

N.A. Kulagina, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Department of public administration, economic and information security, Director of the Engineering and Economic Institute (Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk, Russia)

A.S. Molchan, Doctor of Economic Sciences, Professor, Director of the Institute of Economics, Management and Business, Head of the Department of Economic, (Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia)

T.V. Nikitina, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Department of banks and financial markets and insurance (Saint-Petersburg State University of Economics, Saint-Petersburg, Russia)

V.G. Rubanov, Honoured Science Worker of Russian Federation, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Technical Cybernetics (Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov, Belgorod, Russia)

A.A. Sirota, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Information Processing and Protection of Information (Voronezh State University, Voronezh, Russia)

V.B. Sulimov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, (Lomonosov Moscow State University, Research Computer Center, Moscow, Russia)

V.M. Tumin, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of management (Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia)

A.A. Chernomoretz, Doctor of technical sciences, Associate professor of the Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor). Mass media registration certificate ЭП № ФЦ 77-77834 dd 31.01.2020.

Publication frequency: 4 /year

Commissioning Editor L.P. Kotenko. Pag Proofreading, computer imposition, page layout by Y.V. Ivakhnenko. Typeface Times New Roman, Arial Narrow, Impact. Date of publishing 30.06.2020. The layout was pre-pared by the Department of the joint editorial Board of scientific journals of NRU "BelSU". Address: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

CONTENTS

REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

- 233 **Blanutsa V.I.**
Perspective economic specializations for the russian regions in the Strategy of spatial development: convergence clubs
- 244 **Glotova A.S., Glotov D.S., Titova I.N.**
Diagnostics of regional competitiveness in the context of attracting human capital
- 254 **Stolyarova V.A., Stolyarova Z.V., Troshin A.S.**
Methodical approaches to the development of the region through the study of its tourist potential

INVESTMENT AND INNOVATIONS

- 264 **Krutov A.V.**
On the relationship of management of creation of a scientific reserve and development groups
- 274 **Laskina L.Yu., Silakova L.V., Varaksa A.M.**
Innovations implementation in retail and its impact on a company value
- 288 **Parfenova E.N., Avilova Zh.N.**
Formation of the conditions of innovative development of the economy of the region

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

- 295 **Goroshko N.V., Emelyanova E.K.**
Public health and its impact on the formation of the rehabilitation medicine market in Russia
- 308 **Kirshina I.A.**
Identification and classification of indicators of energy efficiency of the enterprise as the basis of rational consumption of fuel and energy resources
- 317 **Smirnova E.V., Bindukova A.V.**
Research the consumers of cleaning services in B2C segment

PUBLIC AND BUSINESS FINANCE

- 328 **Antonova M.V., Chistnikova I.V., Mishenin V.V.**
Multi-criteria assessment of the optimality of the bank's attracted resources portfolio
- 338 **Dorofeev M.L.**
Cost of capital calculation features in the concept of green finance and green investments

COMPUTER SIMULATION HISTORY

- 354 **Biryukov M.V., Klimova N.A., Gostishcheva T.V.**
About self-learning machine systems in the process of authorization of users of ATMs
- 362 **Shelomentseva I.G.**
Parameters of filtering by log filter of microscopic images of sputum stained by Ziehl – Neelsen method
- 372 **Garianina A.I., Chervyakov N.I.**
A review of mathematic modeling methods of genetic code properties

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

- 380 **Zabolotnaya N.V., Gatilova I.N., Zabolotny A.T.**
Digitalization of health: achievements and prospects for development
- 390 **Obolensky D.M., Shevchenko V.I.**
A conceptual model of the intelligent educational ecosystem
- 402 **Kudasheva M.S.**
Model of information needs of small agribusiness in the framework of a single information space

INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

- 412 **Volchkov V.P., Asiryan V.M.**
Image compression using discrete Weyl – Heisenberg transform
- 422 **Oleynik I.I.**
Models representation signal in the processing of information in small basic polarizing measuring system
- 432 **Golchevskiy Yu.V.**
Approaches to the modern corporate web resource design and development
- 441 **Umanets S.V., Boldyshev A.V., Likhobol P.G.**
Automatic segmentation of speech by analysis of the informational homogeneity
- 452 **Information about authors**

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

УДК 332.1 (470+571)

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-233-243

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ДЛЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ В СТРАТЕГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ: КЛУБЫ КОНВЕРГЕНЦИИ

PERSPECTIVE ECONOMIC SPECIALIZATIONS FOR THE RUSSIAN REGIONS IN THE STRATEGY OF SPATIAL DEVELOPMENT: CONVERGENCE CLUBS

В.И. Блануца**V.I. Blanutsa**

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

V.B. Sochava Institute of Geography of Siberian Branch of RAS,
1 Ulan-Batorskaya St, Irkutsk, 664033, Russia

E-mail: blanutsa@list.ru

Аннотация

В «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» приведены перспективные экономические специализации для каждого региона и сформулирована цель в виде сокращения межрегиональных различий. В статье проанализировано соответствие между декларируемой целью и распределением экономических специализаций по российским регионам. Методологической основой исследования стала концепция экономической конвергенции, согласно которой траектории развития множества регионов сходятся к одному (абсолютная конвергенция) или нескольким (относительная конвергенция) уровням. Предложена мера сходства регионов по сочетанию перспективных экономических специализаций. Расчеты показали, что гипотеза абсолютной конвергенции российских регионов по перспективным специализациям не подтвердилась. Сделан вывод о несоответствии между распределением специализаций по регионам и целью пространственного развития. Для проверки гипотезы относительной (клубной) конвергенции использовался кластерный анализ. Российские регионы по сходству специализаций объединены в шесть клубов конвергенции. Первый клуб можно считать экономически устойчивым по множеству специализаций. Остальные пять клубов имеют мало специализаций и в условиях экономического кризиса могут быть неустойчивыми. В стратегии выявлен ряд концептуальных и эмпирических ошибок. Для обнаружения и исправления других ошибок предложено провести независимую экспертизу стратегии.

Abstract

The “Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the Period until 2025” contains promising economic specializations for each region and formulates a goal in the form of reducing inter-regional differences. The article analyzes the correspondence between the declared goal and the distribution of economic specializations in the Russian regions. The methodological basis of the study was the concept of economic convergence, according to which the development paths of many regions converge to one (absolute convergence) or several (relative convergence) levels. A measure of regional similarity in the combination of promising economic specializations is proposed. Calculations showed that the hypothesis of absolute convergence of the Russian regions for promising specializations was not confirmed. It is concluded that there is no correspondence between the distribution of specializations by regions and the goal of spatial



development. To test the hypothesis of relative (club) convergence, cluster analysis was used. By the similarity of specializations, the Russian regions are combined into six convergence clubs. The first club can be considered economically sustainable in many specialties. The remaining five clubs have few specializations and may be unstable in the context of the economic crisis. According to the strategy of spatial development in Russia, a certain center will be formed from the regions of the first club and the periphery from the regions of other clubs. This will result in a specific territorial structure in which peripheral highly specialized regions will be located (except for one region) along the state border of the Russian Federation. The strategy identified a number of conceptual and empirical errors. To detect and correct other errors, it was proposed to conduct an independent examination of the strategy.

Ключевые слова: региональная экономика, пространственное развитие, стратегическое планирование, экономическая специализация, регион, кластерный анализ, клубная конвергенция, Российская Федерация.

Keywords: regional economy, spatial development, strategic planning, economic specialization, region, cluster analysis, club convergence, Russian Federation.

Введение

В феврале 2019 г. была утверждена «Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» (далее – Стратегия) [Распоряжение ..., 2019]. Данный документ вызвал множество критических замечаний в научном сообществе [Бухвальд, Кольчугина, 2019; Котов, 2019; Кузнецова, 2019; Лексин, 2019; Минакир, 2019]. В трактовку пространственного развития включено несколько новаций для постсоветского стратегического планирования. Одна из них – «перспективные экономические специализации» для каждого субъекта (региона) Российской Федерации. Однако в Стратегии не приведено обоснование таких специализаций, что существенно отличает рассматриваемый документ от генеральной схемы размещения и развития производительных сил СССР [Смирнова, 2014]. К настоящему времени опубликовано две статьи по анализу перспективных экономических специализаций – по общим вопросам [Иванов, Бухвальд, 2019] и ситуации в Свердловской области [Смирнова, Аверина, 2019].

При стратегическом планировании обычно происходит выбор между «пространственной справедливостью» и «экономической эффективностью» [Humer, 2018; Мельникова, 2018]. В первом случае ресурсы направляются на поддержку отстающих регионов, что обосновывается концепцией «экономической конвергенции» [Barro, Sala-i-Martin, 1992; Islam, 2003]. Во втором случае происходит наоборот – поддерживаются передовые регионы в соответствии с концепцией «полюсов роста» [Petroux, 1950; Parr, 1999]. Целью Стратегии является «обеспечение устойчивого и сбалансированного пространственного развития Российской Федерации, направленного на сокращение межрегиональных различий в уровне и качестве жизни населения, ускорение темпов экономического роста и технологического развития, а также на обеспечение национальной безопасности страны» [Распоряжение ..., 2019, с. 7–8], что будет достигаться в том числе «за счет повышения конкурентоспособности экономик субъектов Российской Федерации путем обеспечения условий для развития производства товаров и услуг в отраслях перспективных экономических специализаций субъектов Российской Федерации» [Распоряжение ..., 2019, с. 8]. При декларировании сокращения различий между регионами («пространственная справедливость») в Стратегии основное внимание (68 из 114 стр.) уделено перечням перспективных экономических специализаций и перспективных центров экономического роста. Эти перечни нацелены на «экономическую эффективность». Если центры роста укладываются только в концепцию «полюсов роста», то по экономическим специализациям не исключена возможность конвергенции регионов и установления «пространственной справедливости». Однако ранее в мировой науке не предпринимались попытки

проанализировать перспективные экономические специализации регионов с позиции концепции конвергенции экономического развития.

Под экономической конвергенцией регионов в наиболее общем виде понимается схождение траекторий развития регионов к некоторому уровню. Применительно к различным социально-экономическим показателям регионального развития этот уровень принимает разные значения. Например, в Европейском союзе регион считается слабо экономически развитым и может рассчитывать на помощь при валовом региональном продукте на душу населения ниже 75 % от среднего уровня по союзу [Воронов, 2014]. В данном случае конвергенция достигается при выходе всех регионов на средний уровень по заданному показателю с допуском его уменьшения на 25 %. Если все регионы достигли установленного уровня, то имеет место абсолютная (общая) конвергенция. При схождении траекторий развития регионов к нескольким иерархическим уровням формируется относительная (клубная) конвергенция. Если вместо схождения наблюдается расхождение траекторий развития регионов, то возникает дивергенция. Конвергенция может проходить с разной скоростью [Marelli, Parisi, Signorelli, 2019] и на определенных этапах развития замещаться дивергенцией [Napolitano, Pietroluongo, Kounetas, 2018; Kinfemichael, Morshed, 2019].

Формирование клубов конвергенции происходит благодаря сходству исходных структурных характеристик регионов [Galor, 1996], близости регионов для передачи неявного знания [Audretsch, Feldman, 1996] и некоторых других особенностей [Tian et al., 2016; von Lyncker, Thoennessen, 2017; Celbis, de Crombrugghe, 2018; Barrios, Flores, Angeles, 2019; Marelli, Parisi, Signorelli, 2019]. Наличие клубной конвергенции устанавливается не только по душевому доходу или производительности труда [Napolitano, Pietroluongo, Kounetas, 2018; Kinfemichael, Morshed, 2019], но и по душевому потреблению энергии [Ivanovski, Churchill, Smyth, 2018], количеству патентов на миллион жителей [Barrios, Flores, Angeles, 2019], моделям безработицы [Monfort, Ordonez, Sala, 2018] и другим социально-экономическим показателям и структурам. В некоторых случаях экономическая конвергенция понимается очень широко, о чем свидетельствуют экономические исследования по сближению культур [Tarabar, 2019] и эмиссий CO₂ [Rios, Gianmoena, 2018]. С учетом всех отмеченных особенностей в статье будут проверены гипотезы о наличии абсолютной и относительной конвергенции российских регионов по сочетанию перспективных экономических специализаций, зафиксированных в Стратегии.

Объекты и методы исследования

В 2019 г. в Российской Федерации было 85 субъектов (регионов), из них для 84 в Стратегии приведены перспективные экономические специализации. Можно только предположить, что разработчики Стратегии не стали приводить перспективные специализации для Москвы, так как экономическое развитие столицы не нуждается в федеральной поддержке. Специализации были сформированы как группы видов, взятых из Общероссийского классификатора видов экономической деятельности. Всего в Стратегии представлено 34 специализации. Наиболее часто в российских регионах перспективными считаются такие специализации, как «производство прочих готовых изделий» (в 83 регионах), «туризм» (72), «растениеводство и животноводство» (70), «производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» (68) и «производство пищевых продуктов» (68), а наименее часто – «обеспечение электрической энергией, газом и паром» (1), «ремонт и монтаж машин и оборудования (ремонт и техническое обслуживание судов и лодок)» (2) и «производство табачных изделий» (5). Наибольшее количество перспективных экономических специализаций имеют Республика Татарстан, Нижегородская и Ростовская области (по 27 специализаций), а наименьшее – Ненецкий автономный округ (4).

Для сравнения российских регионов между собой по сочетанию перспективных экономических специализаций предлагается использовать простую меру сходства:

$$U_{ij} = \frac{2N_{ij}}{N_i + N_j},$$

где U_{ij} – мера сходства между регионами i и j ; N_{ij} – количество одинаковых специализаций, встречающихся в регионах i и j ; N_i , N_j – количество всех специализаций в регионах i и j . Если в двух регионах встречаются одни и те же специализации, то имеет место полное сходство ($U_{ij} = 1$), а если в сравниваемых регионах наблюдаются разные наборы специализаций, то получается отсутствие какого-либо сходства ($U_{ij} = 0$). Что касается установления уровня конвергенции, то это значение должно отражать допустимое отклонение всех регионов от региона с максимальным набором специализаций. При этом обычно учитываются промежуточные и конечные цели регионального развития, исходная экономическая дифференциация регионов и мировой опыт изучения конвергенции [Islam, 2003; Monfort, Ordonez, Sala, 2018; Kinfemichael, Morshed, 2019]. В нашем случае мировой опыт отсутствует, исходные (2019 г.) наборы специализаций для регионов не приведены и конечная (2025 г.) цель диверсификации экономических специализаций не сформулирована. Для проверки гипотезы об абсолютной конвергенции в условиях такой неопределенности целесообразно оперировать максимально допустимым отклонением в 50 %, что соответствует нижнему порогу согласования региональных социально-экономических структур [Блануца, 2018б]. Тогда если сходство всех регионов с регионами-лидерами укладывается в это отклонение ($U_{ij} \geq 0,500$), то имеет место абсолютная экономическая конвергенция; в противном случае – клубная конвергенция.

При относительной конвергенции в первый клуб входят регионы, имеющие максимально допустимое отклонение от регионов-лидеров ($U_{ij} \geq 0,500$), во второй и последующие клубы – остальные регионы. Если вне первого клуба остался один регион, то он формирует второй клуб, который становится последним клубом. Наличие нескольких регионов за пределами допустимого отклонения приводит к необходимости распределения этих регионов по клубам. Обычно для этого используется кластерный анализ [Barrios, Flores, Angeles, 2019; Gozgor, Lau, Lu, 2019]. Кластеризацию регионов на основе U_{ij} целесообразно (по данному классу мер сходства) проводить с помощью алгоритма автоматического социально-экономического районирования [Блануца, 2018б]. В нашем случае принята следующая последовательность действий: из симметричной матрицы $\{U_{ij}\}$ удаляются значения первого клуба регионов; среди оставшихся значений выбирается максимальная мера сходства ($\max U_{ij}$) при условии $U_{ij} \geq 0,500$ (невыполнение этого условия означает, что каждый регион представляет собой отдельный клуб) и образуется первый кластер; вводится шаг кластеризации ($\Delta U_{ij} = 0,001$) и среди оставшихся мер сходства опять выбирается максимальное значение, что позволяет сформировать второй кластер; отдельный регион может войти в ранее созданный кластер на шаге k только в случае приемлемого сходства ($U_{ij} \geq \max U_{ij} - k\Delta U_{ij}$) со всеми регионами этого кластера (аналогичным образом происходит объединение нескольких кластеров); процедура выполняется до тех пор, пока все регионы не будут распределены по кластерам и останутся значения $U_{ij} < 0,500$ (регион, не объединившийся с другими регионами, является клубом).

Результаты и их обсуждение

В симметричной матрице мер сходства $\{U_{ij}\}$, имеющей размер 84×84 , наибольшее совпадение перспективных специализаций достигнуто между Республикой Татарстан и Нижегородской областью ($U_{ij} = 0,963$), а наименьшее – между Чувашской Республикой и Магаданской областью (0,080), Республикой Саха (Якутия) и Псковской областью (0,080), Магаданской и Ульяновской областями (0,080). Относительно трех ведущих регионов (Республика Татарстан, Нижегородская и Ростовская области) зафиксировано 17 регионов вне допустимого сходства ($U_{ij} < 0,500$). Таким образом, не подтвердилась гипотеза абсолютной

экономической конвергенции российских регионов по заданному параметру и принятым ограничениям. Отсюда следует, что цель Стратегии («сокращение межрегиональных различий») даже при очень низком уровне допустимого сходства ($U_{ij} \geq 0,500$) не может быть достигнута к 2025 г. по перспективным экономическим специализациям субъектов Российской Федерации.

По допустимому сходству с тремя регионами-лидерами в первый клуб конвергенции вошло 67 регионов. Среди оставшихся регионов наибольшее сходство было между Ненецким и Ямало-Ненецким автономными округами ($\max U_{ij} = 0,800$), а наименьшее – между Республикой Тыва и Сахалинской областью (0,143). На 21-м шаге произошло второе объединение (Забайкальский край и Еврейская автономная область; $U_{ij} = 0,778$), а на 49-м шаге – третье объединение (Камчатский край и Сахалинская область; $U_{ij} = 0,750$). Всего было выполнено 12 объединений, позволивших сформировать 5 кластеров (клубов конвергенции). В итоге 84 региона России были распределены по 6 клубам следующим образом.

Клуб 1: все регионы, кроме перечисленных ниже (32 из 34 специализаций).

Клуб 2: Республика Калмыкия, Амурская и Костромская области (специализации, встречающиеся во всех регионах клуба: «производство прочих готовых изделий», «производство химических веществ и химических продуктов», «растениеводство и животноводство» и «туризм»).

Клуб 3: Республики Карелия, Коми и Саха (Якутия) («добыча полезных ископаемых», «лесоводство и лесозаготовки», «обработка древесины и производство изделий из дерева, кроме мебели», «производство бумаги и бумажных изделий», «производство прочих готовых изделий» и «туризм»).

Клуб 4: Камчатский край, Магаданская, Мурманская и Сахалинская области, Чукотский автономный округ («добыча полезных ископаемых», «производство прочих готовых изделий», «транспортировка и хранение» и «рыболовство и рыбоводство»).

Клуб 5: Республики Алтай и Тыва, Забайкальский край и Еврейская автономная область («лесоводство и лесозаготовки», «производство прочих готовых изделий» и «растениеводство и животноводство»).

Клуб 6: Ненецкий и Ямало-Ненецкий автономные округа («добыча полезных ископаемых», «производство прочих готовых изделий», «деятельность в области информации и связи» и «транспортировка и хранение»).

Выделение клубов конвергенции производилось по перспективным экономическим специализациям, приведенным в Стратегии, но распределение некоторых специализаций по регионам вызывает ряд вопросов. Отметим только некоторые из них. Почему «производство прочих готовых изделий» встречается во всех регионах, кроме Псковской области (это ошибка или имеется какой-то особый смысл в данном исключении)? Почему «обеспечение электрической энергией, газом и паром» перспективно только для Амурской области, в то время как экспорт электроэнергии характерен и для некоторых других регионов (и в более существенном объеме)? Если в каком-то регионе (например, на юго-западе России) возникнет необходимость в «ремонте и техническом обслуживании судов и лодок», то транспортные средства придется доставлять в Республику Саха (Якутия) и Сахалинскую область (по Стратегии подобный ремонт возможен только в этих двух регионах)? Почему в регионах с небольшим количеством экономических специализаций и уникальными природными комплексами не является перспективным такой драйвер регионального роста, как «туризм» (такой специализации нет в Республике Тыва, Забайкальском крае, Магаданской области, Ненецком, Чукотском и Ямало-Ненецком автономных округах)?

Следует также отметить в Стратегии непонятную формулировку «неперспективная экономическая специализация, критически важная для экономики». Если специализация так важна для региона, то почему она не является перспективной? «Неперспективные специализации» в нашем исследовании не учитывались из-за их неопределенного статуса. Такие специализации присутствуют в 33 регионах, а больше всего их в Республике Саха (Якутия), Тверской области и Ямало-Ненецком автономном округе (по 4). Среди 34 специализаций чаще



всего «неперспективными» были «растениеводство и животноводство» (в 9 регионах) и «обработка древесины и производство изделий из дерева, кроме мебели» (в 8). При этом в Вологодской области «производство прочей неметаллической минеральной продукции» оказалось одновременно как в перспективных, так и неперспективных специализациях, а в Калининградской области в подобной ситуации оказалось «производство прочих готовых изделий». Неопределенность, внесенная разработчиками Стратегии в распределение перспективных и неперспективных специализаций по регионам, дополняется отсутствием критериев выделения перспективных экономических специализаций. Эмпирические исследования современной ситуации в отдельных отраслях указывают на иную территориальную структуру специализации. Например, при изучении специализации российских регионов на телекоммуникационных услугах было установлено, что формирование двух крупных телекоммуникационных хабов (в Москве и Санкт-Петербурге) лишило остальные регионы Европейской России необходимости специализации на таких услугах, вытеснив функцию специализации на периферию – Урал и Сибирь – и создав окраинный эффект (в Калининградской области и трех регионах Дальнего Востока) [Блануца, 2017].

Формулировка специализаций по Стратегии никак не отражает запланированный переход к цифровой экономике [Распоряжение ..., 2017]. Из всех специализаций только «производство компьютеров, электронных и оптических изделий» и «деятельность в области информации и связи» в какой-то мере можно отнести к будущей цифровой экономике. Обе специализации прописаны для 45 регионов. Можно ли отсюда сделать заключение, что в оставшихся 39 регионах не планируется развитие цифровой экономики? При этом ни один регион из клубов 2–6 не имеет двух отмеченных специализаций вместе. О перспективной «цифровой» специализации регионов и общероссийской территориальной структуре такой специализации ничего не сказано в анализируемом документе, хотя уже имеются первые попытки идентификации подобных структур [Блануца, 2018a]. Переход к цифровой экономике для некоторых отстающих регионов может послужить дополнительным драйвером экономического роста. Однако в данном случае потребуются специфические экономические специализации, например, на создании «территориальной цифровой платформы» [Блануца, 2019] и формировании «платформенной экономики» [Montalban, Frigant, Jullien, 2019; Spulber, 2019].

Принятый в Стратегии подход к агрегированию видов экономической деятельности в перспективные отрасли не учитывает современные концепции экономической специализации. К примеру, концепцию «умной специализации» [Feder, 2018; Foray, 2018; Ranga, 2018; Balland et al., 2019; Lopes, Ferreira, Farinha, 2019], согласно которой отыскиваются внутренние (эндогенные) факторы экономического роста и осуществляется концентрация ресурсов на уникальных компетенциях региона. Для столь разнообразной страны как Российская Федерация на основе этой концепции, например, можно было бы уточнить расплывчатую специализацию «туризм». Тогда в каждом регионе была бы своя, специфическая компетенция в области туристической деятельности, создающая конкурентные преимущества [Borsekova, Vanova, Vitalisova, 2017]. Именно обоснование и развитие «умной» специализации будет способствовать развитию периферийных регионов, а не обобщенно-непонятное «производство прочих готовых изделий».

Обозначение перспективных экономических специализаций подразумевает, что правительство будет поддерживать инвестиционные проекты в регионах именно по этим отраслям, хотя это не столь очевидно [Иванов, Бухвальд, 2019]. Такая стратегия не исключает местную инициативу при участии регионального бюджета. Однако надо понимать, что возможности федерального и регионального бюджета слишком отличаются. Другой нюанс заключается в диверсификации экономики. Чем больше у региона специализаций, тем более устойчивой является его экономика. На это лишний раз указывает текущий экономический кризис, вызванный резким падением нефтяных цен и остановкой деятельности ряда отраслей из-за пандемии коронавирусной инфекции. В каком положении может оказаться регион, в котором, предположим, две специализации – добыча нефти и туризм? Понятно, что и региону с 27 специализациями будет тяжело в кризис, но его экономика будет функционировать.

Поэтому целью региональной экономической политики является формирование множества разнообразных специализаций в каждом регионе. Согласно Стратегии, на перспективу до 2025 г. это не планируется, так как в пяти клубах конвергенции (№ 2–6) среднее количество экономических специализаций будет от 5 (клуб 6) до 10 (клуб 3), а по отдельным регионам – от 4 (Ненецкий автономный округ) до 12 (Амурская область). При этом в первом клубе среднее количество специализаций равно примерно 20, а по регионам варьирует от 11 (Карачаево-Черкесская Республика) до 27 (Республика Татарстан, Нижегородская и Ростовская области).

Заключение

Анализ конвергенции российских регионов по сочетанию перспективных экономических специализаций показал, что цель Стратегии пространственного развития, заключающаяся в сглаживании межрегиональных различий, не может быть достигнута. Различия слишком существенны, чтобы в будущем (к 2025 г.) сходство специализаций регионов допускало максимум 50-процентное отклонение. При заданной мере сходства наиболее непохожие регионы России имеют совпадение перспективных специализаций всего на 8 %. Это исключает абсолютную экономическую конвергенцию регионов. Проверка гипотезы о клубной конвергенции позволила идентифицировать шесть групп регионов (клубов). Около 80 % регионов вошло в первый клуб, характеризующийся наибольшим разнообразием перспективных экономических специализаций. Оставшиеся регионы распределились по пяти клубам в зависимости от сходства небольшого количества специализаций. Отсюда можно констатировать, что экономическое пространство России в отношении перспективных специализаций делится на «центр» (клуб 1) и «периферию» (клубы 2–6). При этом периферийные узкоспециализированные регионы располагаются (кроме Костромской области) вдоль государственной границы Российской Федерации.

Рассмотренный документ пространственного развития содержит ряд неточностей, неопределенностей и отсутствующих разъяснений. При этом была проанализирована только часть Стратегии, касающаяся перспективных экономических специализаций. Гораздо больше вопросов по другим частям, связанным с макрорегионами, перспективными центрами экономического роста, агломерациями и геостратегическими территориями. Некоторые из этих вопросов были поставлены в научных публикациях, но независимая комплексная социально-экономическая экспертиза Стратегии не проводилась. Это необходимо сделать в ближайшей перспективе, поскольку на основе Стратегии планируется разработка документов стратегического планирования в макрорегионах и регионах. Если не проводить такую экспертизу, то концептуальные, эмпирические и другие ошибки, допущенные в Стратегии, сформируют неправильную региональную экономическую политику и, как следствие, не будут способствовать экономическому росту.

Благодарности

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А17-117041910166-3).

Список литературы

1. Блануца В.И. 2017. Территориальная структура специализации российских регионов на телекоммуникационных услугах. Региональные исследования, (1): 16–24.
2. Блануца В.И. 2018а. Территориальная структура цифровой экономики России: предварительная делимитация «умных» городских агломераций и регионов. Пространственная экономика, (2): 17–35.
3. Блануца В.И. 2018б. Социально-экономическое районирование в эпоху больших данных. М.: ИНФРА-М, 194.
4. Блануца В.И. 2019. Цифровая экономика Сибири: территориальные платформы для кластеров. Актуальные проблемы экономики и права, 13 (3): 1362–1374.



5. Бухвальд Е.М., Кольчугина А.В. 2019. Стратегия пространственного развития и приоритеты национальной безопасности Российской Федерации. *Экономика региона*, 15 (3): 631–643.
6. Воронов В.В. 2014. Конвергенция регионов Европейского союза: особенности и оценка. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, (6): 85–99.
7. Иванов О.Б., Бухвальд Е.М. 2019. «Перспективная экономическая специализация» как новация политики регионального развития. *ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика*, (6): 49–65.
8. Котов А.В. 2019. Экспортоориентированная сырьевая модель российской экономики: в поисках новой модели пространственного развития. *Национальная безопасность и стратегическое планирование*, (2): 5–16.
9. Кузнецова О.В. 2019. Стратегия пространственного развития Российской Федерации: иллюзия решений и реальность проблем. *Пространственная экономика*, 15 (4): 107–125.
10. Лексин В.Н. 2019. Дороги, которые мы не выбираем (о правительственной «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года»). *Российский экономический журнал*, (3): 3–24.
11. Мельникова Л.В. 2018. Теоретические аргументы и эмпирическое знание в стратегическом планировании. *Регион: экономика и социология*, (2): 52–80.
12. Минакир П.А. 2019. Российское экономическое пространство: стратегические тупики. *Экономика региона*, 15 (4): 967–980.
13. Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»». URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 13 апреля 2020).
14. Распоряжение Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. № 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития до 2025 года». URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAIqUfT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 13 апреля 2020).
15. Смирнова О.О. 2014. Главная государственная «точка роста» России: стратегия пространственного развития Российской Федерации и генеральная схема размещения и развития производительных сил СССР. *Методологические основы. Современные производительные силы*, (3): 14–21.
16. Смирнова О.П., Аверина Л.М. 2019. Исследование особенностей перспективной экономической специализации индустриального региона. *Региональная экономика: теория и практика*, 17 (6): 1006–1018.
17. Audretsch D.B., Feldman M.P. 1996. R&D spillovers and the geography of innovation and production. *American Economic Review*, 86 (3): 630–640.
18. Balland P.-A., Boschma R., Crespo J., Rigby D.L. 2019. Smart specialization policy in the European Union: Relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, 53 (9): 1252–1268.
19. Barrios C., Flores E., Angeles M.M. 2019. Club convergence in innovation activity across European regions. *Papers in Regional Science*, 98 (4): 1545–1565.
20. Barro R.J., Sala-i-Martin X. 1992. Convergence. *Journal of Political Economy*, 100 (2): 223–251.
21. Borsekova K., Vanova A., Vitalisova K. 2017. Smart specialization for smart spatial development: Innovative strategies for building competitive advantages in tourism in Slovakia. *Socio-Economic Planning Sciences*, 58 (10): 39–50.
22. Celbis M.G., de Crombrughe D. 2018. Internet infrastructure and regional convergence: Evidence from Turkey. *Papers in Regional Science*, 97 (2): 387–409.
23. Feder C. 2018. Smart specialization strategy and directed technological change. *Economics Bulletin*, 38 (3): 1428–1437.
24. Foray D. 2018. Smart specialization strategies and industrial modernization in European regions – theory and practice. *Cambridge Journal of Economics*, 42 (6): 1505–1520.
25. Galor O. 1996. Convergence? Inferences from theoretical models. *The Economic Journal*, 106 (437): 1056–1069.
26. Gozgor G., Lau C.K.M., Lu Z. 2019. Convergence clustering in the Chinese provinces: New evidence from several macroeconomic indicators. *Review of Development Economics*, 23 (3): 1331–1346.
27. Humer A. 2018. Linking polycentricity concepts to periphery: Implications for an integrative Austrian strategic spatial planning practice. *European Planning Studies*, 26 (4): 635–652.
28. Islam N. 2003. What have we learnt from the convergence debate? *Journal of Economic Surveys*, 17 (3): 309–362.
29. Ivanovski K., Churchill S.A., Smyth R. 2018. A club convergence analysis of per capita energy consumption across Australian regions and sectors. *Energy Economics*, 76: 519–531.

30. Kinfemichael B., Morshed A.K.M.M. 2019. Convergence of labor productivity across the US states. *Economic Modelling*, 76: 270–280.
31. Lopes J., Ferreira J.J., Farinka L. 2019. Innovation strategies for smart specialization (RIS3): Past, present and future research. *Growth and Change*, 50 (1): 38–68.
32. Marelli E.P., Parisi M.L., Signorelli M. 2019. Economic convergence in the EU and Eurozone. *Journal of Economic Studies*, 46 (7): 1332–1344.
33. Monfort M., Ordonez J., Sala H. 2018. Inequality and unemployment patterns in Europe: Does integration lead to (real) convergence? *Open Economies Review*, 29 (4): 703–724.
34. Montalban M., Frigant V., Jullien B. 2019. Platform economy as a new form of capitalism: A Régulationist research programme. *Cambridge Journal of Economics*, 43 (4): 805–824.
35. Napolitano O., Pietroluongo M., Kounetas K. 2018. Stochastic convergence or divergence of total factor productivity and GDP of Italian Regions. Re-examining the evidence. *Economics Bulletin*, 38 (4): 1857–1863.
36. Parr J.B. 1999. Growth-pole strategies in regional economic planning: A retrospective view. Part 1. Origins and advocacy. *Urban Studies*, 36 (7): 1195–1215.
37. Perroux F. 1950. Economic space: Theory and application. *Quarterly Journal of Economics*, 64 (1): 89–104.
38. Ranga M. 2018. Smart specialization as a strategy to develop early-stage regional innovation systems. *European Planning Studies*, 26 (11): 2125–2146.
39. Rios V., Gianmoena L. 2018. Convergence in CO₂ emissions: A spatial economic analysis with cross-country interactions. *Energy Economics*, 75: 222–238.
40. Spulber D.F. 2019. The economics of markets and platforms. *Journal of Economics and Management Strategy*, 28 (1): 159–172.
41. Tarabar D. 2019. Globalization, cultural distance, and cultural convergence: Some new evidence. *Economics Bulletin*, 39 (1): 453–466.
42. Tian X., Zhang X., Zhou Y., Yu X. 2016. Regional income inequality in China revisited: A perspective from club convergence. *Economic Modelling*, 56: 50–58.
43. Von Lyncker K., Thoennessen R. 2017. Regional club convergence in the EU: Evidence from a panel data analysis. *Empirical Economics*, 52 (2): 525–553.

References

1. Blanutsa V.I. 2017. The territorial structure of the specialization of the Russian regions in telecommunication services. *Regional Studies*, (1): 16–24. (in Russian)
2. Blanutsa V.I. 2018a. The territorial structure of the digital economy of Russia: Preliminary delimitation of “smart” urban agglomerations and regions. *Spatial Economics*, (2): 17–35. (in Russian)
3. Blanutsa V.I. 2018b. Socio-Economic Regionalization in the Era of Big Data. Moscow: INFRA-M Publ., 194. (in Russian)
4. Blanutsa V.I. 2019. Digital economy of Siberia: Territorial platforms for clusters. *Actual Problems of Economics and Law*, 13 (3): 1362–1374. (in Russian)
5. Bukhvald E.M., Kolchugina A.V. 2019. Spatial development strategy and national security priorities of the Russian Federation. *Regional Economics*, 15 (3): 631–643. (in Russian)
6. Voronov V.V. 2014. Convergence of the regions of the European Union: features and assessment. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, (6): 85–99. (in Russian)
7. Ivanov O.B., Buchwald E.M. 2019. “Perspective economic specialization” as an innovation in regional development policy. *ETAP: Economic Theory, Analysis, Practice*, (6): 49–65. (in Russian)
8. Kotov A.V. 2019. Export-oriented raw material model of the Russian economy: In search of a new model of spatial development. *National Security and Strategic Planning*, (2): 5–16. (in Russian)
9. Kuznetsova O.V. 2019. The spatial development strategy of the Russian Federation: The illusion of solutions and the reality of problems. *Spatial Economics*, 15 (4): 107–125. (in Russian)
10. Leksin V.N. 2019. Roads that we do not choose (about the government's “Strategy for the spatial development of the Russian Federation for the period until 2025”). *Russian Economic Journal*, (3): 3–24. (in Russian)
11. Melnikova L.V. 2018. Theoretical arguments and empirical knowledge in strategic planning. *Region: Economics and Sociology*, (2): 52–80. (in Russian)
12. Minakir P.A. 2019. Russian economic space: Strategic deadlocks. *Regional Economics*, 15 (4): 967–980. (in Russian)



13. Decree of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 No. 1632-r "On approval of the program "Digital Economy of the Russian Federation"". Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (accessed April 13, 2020). (in Russian)
14. Decree of the Government of the Russian Federation of February 13, 2019 No. 207-r "On approval of the Strategy for spatial development until 2025". Available at: <http://static.government.ru/media/files/UVAIqUtT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (accessed April 13, 2020). (in Russian)
15. Smirnova O.O. 2014. The main state "growth point" of Russia: The spatial development strategy of the Russian Federation and the general layout of the deployment and development of the productive forces of the USSR. Methodological basis. Modern Productive Forces, (3): 14–21. (in Russian)
16. Smirnova O.P., Averina L.M. 2019. A study of the features of the promising economic specialization of the industrial region. Regional Economics: Theory and Practice, 17 (6): 1006–1018. (in Russian)
17. Audretsch D.B., Feldman M.P. 1996. R&D spillovers and the geography of innovation and production. American Economic Review, 86 (3): 630–640.
18. Balland P.-A., Boschma R., Crespo J., Rigby D.L. 2019. Smart specialization policy in the European Union: Relatedness, knowledge complexity and regional diversification. Regional Studies, 53 (9): 1252–1268.
19. Barrios C., Flores E., Angeles M.M. 2019. Club convergence in innovation activity across European regions. Papers in Regional Science, 98 (4): 1545–1565.
20. Barro R.J., Sala-i-Martin X. 1992. Convergence. Journal of Political Economy, 100 (2): 223–251.
21. Borsekova K., Vanova A., Vitalisova K. 2017. Smart specialization for smart spatial development: Innovative strategies for building competitive advantages in tourism in Slovakia. Socio-Economic Planning Sciences, 58 (10): 39–50.
22. Celbis M.G., de Crombrughe D. 2018. Internet infrastructure and regional convergence: Evidence from Turkey. Papers in Regional Science, 97 (2): 387–409.
23. Feder C. 2018. Smart specialization strategy and directed technological change. Economics Bulletin, 38 (3): 1428–1437.
24. Foray D. 2018. Smart specialization strategies and industrial modernization in European regions – theory and practice. Cambridge Journal of Economics, 42 (6): 1505–1520.
25. Galor O. 1996. Convergence? Inferences from theoretical models. The Economic Journal, 106 (437): 1056–1069.
26. Gozgor G., Lau C.K.M., Lu Z. 2019. Convergence clustering in the Chinese provinces: New evidence from several macroeconomic indicators. Review of Development Economics, 23 (3): 1331–1346.
27. Humer A. 2018. Linking polycentricity concepts to periphery: Implications for an integrative Austrian strategic spatial planning practice. European Planning Studies, 26 (4): 635–652.
28. Islam N. 2003. What have we learnt from the convergence debate? Journal of Economic Surveys, 17 (3): 309–362.
29. Ivanovski K., Churchill S.A., Smyth R. 2018. A club convergence analysis of per capita energy consumption across Australian regions and sectors. Energy Economics, 76: 519–531.
30. Kinfemichael B., Morshed A.K.M.M. 2019. Convergence of labor productivity across the US states. Economic Modelling, 76: 270–280.
31. Lopes J., Ferreira J.J., Farinka L. 2019. Innovation strategies for smart specialization (RIS3): Past, present and future research. Growth and Change, 50 (1): 38–68.
32. Marelli E.P., Parisi M.L., Signorelli M. 2019. Economic convergence in the EU and Eurozone. Journal of Economic Studies, 46 (7): 1332–1344.
33. Monfort M., Ordonez J., Sala H. 2018. Inequality and unemployment patterns in Europe: Does integration lead to (real) convergence? Open Economies Review, 29 (4): 703–724.
34. Montalban M., Frigant V., Jullien B. 2019. Platform economy as a new form of capitalism : A Régulationist research programme. Cambridge Journal of Economics, 43 (4): 805–824.
35. Napolitano O., Pietroluongo M., Kounetas K. 2018. Stochastic convergence or divergence of total factor productivity and GDP of Italian Regions. Re-examining the evidence. Economics Bulletin, 38 (4): 1857–1863.
36. Parr J.B. 1999. Growth-pole strategies in regional economic planning: A retrospective view. Part 1. Origins and advocacy. Urban Studies, 36 (7): 1195–1215.

37. Perroux F. 1950. Economic space: Theory and application. *Quarterly Journal of Economics*, 64 (1): 89–104.
38. Ranga M. 2018. Smart specialization as a strategy to develop early-stage regional innovation systems. *European Planning Studies*, 26 (11): 2125–2146.
39. Rios V., Gianmoena L. 2018. Convergence in CO₂ emissions: A spatial economic analysis with cross-country interactions. *Energy Economics*, 75: 222–238.
40. Spulber D.F. 2019. The economics of markets and platforms. *Journal of Economics and Management Strategy*, 28 (1): 159–172.
41. Tarabar D. 2019. Globalization, cultural distance, and cultural convergence: Some new evidence. *Economics Bulletin*, 39 (1): 453–466.
42. Tian X., Zhang X., Zhou Y., Yu X. 2016. Regional income inequality in China revisited: A perspective from club convergence. *Economic Modelling*, 56: 50–58.
43. Von Lyncker K., Thoennessen R. 2017. Regional club convergence in the EU: Evidence from a panel data analysis. *Empirical Economics*, 52 (2): 525–553.

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Блануца В.И. 2020. Перспективные экономические специализации для российских регионов в Стратегии пространственного развития: клубы конвергенции. *Экономика. Информатика*. 47 (2): 233–243. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-233-243.

Blanutsa V.I. 2020. Perspective economic specializations for the russian regions in the Strategy of spatial development: convergence clubs. *Economics. Information technologies*. 47 (2): 233–243 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-233-243.



УДК 332.133.2

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-244-253

ДИАГНОСТИКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РЕГИОНА В КОНТЕКСТЕ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА

DIAGNOSTICS OF REGIONAL COMPETITIVENESS IN THE CONTEXT OF ATTRACTING HUMAN CAPITAL

А.С. Глотова¹, Д.С. Глов², И.Н. Титова¹
A.S. Glotova, D.S. Glotov, I.N. Titova

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85

²Администрация Яковлевского городского округа,
Россия, 309070, Белгородская область, Яковлевский р-н, г. Строитель, ул. Ленина, д. 16

¹Belgorod State University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

²Administration of Yakovlevsky City District,
16 Lenin str., Stroitel, Yakovlevsky District, Belgorod region, 309070, Russia

E-mail: glotova@bsu.edu.ru, 301709@mail.ru, titova@bsu.edu.ru

Аннотация

На сегодняшний день конкурентоспособность региона должна быть ориентирована на учет и комплексность всех аспектов регионального роста, которые проявляются через призму человеческого развития. Конкурентоспособность региона выступает определяющим фактором привлечения и накопления человеческого капитала. Поэтому одним из приоритетных направлений пространственного развития территории является формирование конкурентной среды, которая способствует притоку человеческого капитала. Именно в данном контексте была проведена диагностика конкурентоспособности областей Центрально-Черноземного макрорегиона. На основе интегральной оценки были выявлены 3 группы регионов по уровню конкурентоспособности, а также определены факторы роста и ограничения привлечения человеческого капитала в регионы.

Abstract

Currently, the socio-economic development of the region is impossible without interregional competition. The universal criterion for evaluating the functioning of the territory has become competitiveness, which is a priority factor of socio-economic development. It is the region's competitiveness that largely determines its role and place in the country's economic space. In the context of globalization processes, it is increasingly clear that the most important economic factor in society is not material and financial resources, but human capital. Human capital determines the competitive advantages of the regional economy and the opportunities for its modernization. Therefore, one of the priority directions of spatial development of the territory is the formation of conditions conducive to attracting and accumulating human capital. It was in this context that the diagnostics of the competitiveness of the regions of the Central Chernozem macro-region was carried out. Based on the integrated assessment, 3 groups of regions were identified by the level of competitiveness. We also identified growth factors and restrictions on attracting human capital to the regions.

Ключевые слова: конкурентоспособность, человеческий капитал, регион, интегральная оценка.

Keywords: competitiveness, human capital, region, integrated assessment.

Введение

Глобализация отводит регионам качественно новую роль в экономике, выдвигая перед ними новые задачи по содержанию как можно более высоких показателей конкурентоспособности в национальном и международном измерениях. Регионы становятся

равноправными субъектами экономических отношений, порождающих соответствующую конкурентную борьбу между ними. Человеческий капитал является незаменимым фактором, обеспечивающим конкурентоспособность экономических субъектов. С одной стороны, конкурентоспособность региона определяется качеством населения (человеческого потенциала). С другой стороны, именно формирование и развитие человеческого капитала обуславливает уровень конкурентоспособности экономического субъекта. Неравномерное пространственное распределение человеческого капитала в основном вызвано диспропорциями в создании конкурентных преимуществ регионального развития. Снижение уровня конкурентоспособности территории всегда сопряжено с оттоком человеческого капитала из регионов, что в свою очередь препятствует их устойчивому развитию. В российских регионах наблюдается высокий уровень дифференциации по плотности человеческого капитала, значительно превышающий дифференциацию по его абсолютной величине. Что в свою очередь означает недоиспользование экономического пространства, которым располагают регионы. Исследование уровня конкурентоспособности в разрезе определяющих его факторов позволяет оценить объективные условия развития человеческого потенциала в регионах на основе ретроспективного анализа статистических данных.

Методика исследования

В основе большинства методик, описанных различными авторами [Клюев, 2012; Гагарина, 2012; Квасов, Левина, 2015; Симанавичене и др., 2013], лежит оценка влияния человеческого капитала, на конкурентоспособность региона. Так, по мнению И.А. Филлиповой, перспективы конкурентоспособности региона находятся в полной зависимости от состояния человеческого потенциала [Филлипова, 2011]. Подтверждает также наличие прямой взаимосвязи человеческого капитала и экономического развития региона и исследование, опубликованное в Докладе о развитии человеческого потенциала в РФ [Бобылев, 2018].

Наше исследование нацелено на изучение влияния уровня конкурентоспособности территории на привлечение и накопление человеческого капитала.

На наш взгляд, предлагаемая количественная оценка региональной конкурентоспособности сквозь призму человеческого потенциала может послужить основой для разработки стратегии региона по привлечению и накоплению человеческого капитала.

Конкурентоспособность региона невозможно охарактеризовать одним частным индикатором. Для всесторонней оценки конкурентоспособности региона наиболее целесообразно использование индикативного метода анализа [Глотова, Титова, Лыщикова, 2018]. Суть данного метода состоит в сопоставлении ряда индикаторов, которые позволяют получить количественную и качественную характеристику исследуемого объекта. При этом важно учитывать количественный и структурный состав используемых показателей, имеющих существенные отличия. В настоящее время нет единой концепции реализации данного метода по причине неоднозначности последовательности расположения используемых показателей, а также их взаимосвязи.

Несмотря на существующие различия в концептуальных подходах к исследованию конкурентоспособности регионов и его оценки на основе индикативного метода анализа, предлагаем включить в данный процесс последовательную реализацию следующих этапов (рис. 1).

Первостепенной проблемой при разработке методологии, на наш взгляд, выступает отбор индикаторов, которые будут включены в интегральную оценку конкурентоспособности региона.

Учитывая, что система индикаторов оценки конкурентоспособности региона выполняет одновременно несколько функций, следовательно качество отобранных показателей будет обеспечивать эффективность управленческих решений в данном контексте. Этот перечень не должен быть слишком большим, поскольку это усложнит выявление действительно важных факторов.

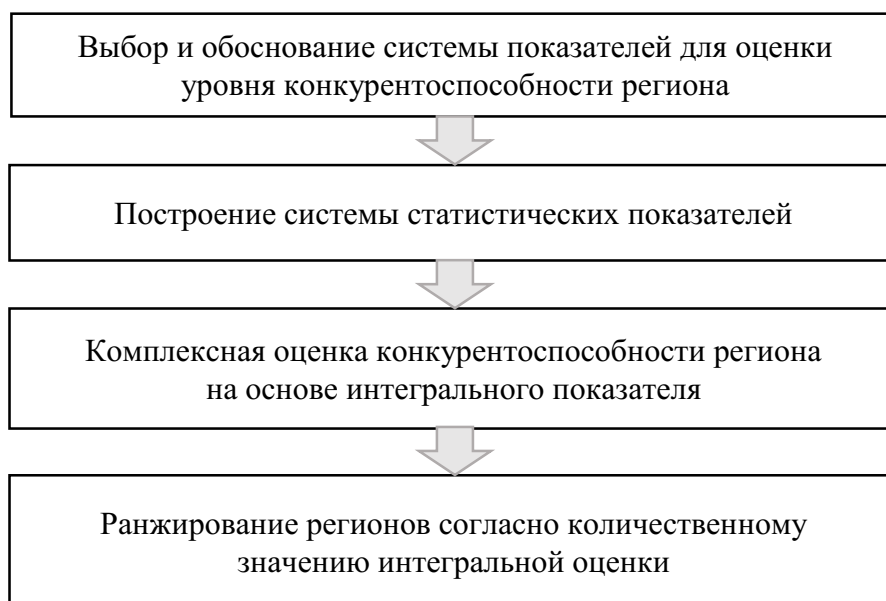


Рис. 1. Основные этапы исследования конкурентоспособности региона

Fig. 1. Main stages of regional competitiveness research

С одной стороны, большое количество показателей способствует повышению качества информационной модели, а с другой – приводит к информационной перегрузке процессов принятия решений и делает трудной интерпретацию полученных результатов, поэтому целесообразным при формировании системы показателей будет учет определенных требований:

- система показателей должна обеспечить максимальную информативность результатов оценки;
- в перечень показателей целесообразно включать только значимые для оценки конкурентоспособности региона показатели;
- система показателей должна быть полной и обеспечивать достаточную интенсивность измерения, то есть показатели должны образовывать взаимосвязанные системы, имеющие большую внутреннюю изменчивость;
- система показателей должна быть достоверной, адекватно отражать реальное состояние региональных систем, быть нейтральной по отношению к другим объектам оценки;
- система показателей должна обеспечивать возможность проведения сравнительного (фонового) анализа конкурентоспособности региона во времени;
- система показателей должна быть информационно прозрачной.

Анализ научных трудов, в которых исследуются методики оценки региональной конкурентоспособности [Ахунов, 2016; Батрак, 2016; Меркушов, 2004; Ушвицкий, Парахина, 2005; Ларина, Макаев, 2006; Шеховцева, 2007] позволил выявить набор необходимых показателей, которые были объединены в восемь групп факторов (рис. 2).

В ходе проведения анализа, отобранные индикаторы проходят процесс нормирования. Обычно в качестве нормативных значений предлагается использовать пороговые или предельно-критические значения. Сопоставляя фактические региональные показатели с критическими значениями, можно определить, в какой степени территориальные показатели соответствуют нормативам, принятыми в мировой практике.

Используемые в анализе показатели, оказывающие влияние на уровень конкурентоспособности региона, рационально разделить на показатели-стимуляторы и показатели-дестимуляторы.

К показателям-стимуляторам относятся те из них, которые способствуют улучшению ситуации в регионе и тем самым повышают уровень конкурентоспособности.



Рис. 2. Структура индекса конкурентоспособности региона в контексте привлечения человеческого капитала

Fig. 2. Structure of the regional competitiveness index in the context of attracting human capital

Дестимуляторами являются показатели, имеющие противоположную направленность в отношении влияния на социально-экономическое развитие региона и приводят к возникновению рисков и угроз конкурентоспособности региона.

Нормирование показателей будет произведено с использованием метода «минимум-максимум». Основным преимуществом применения данного метода является то, что он позволяет избежать чрезмерного влияния какого-либо одного показателя на интегральную оценку.

Показатели-стимуляторы нормируются по формуле:

$$X_i = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}. \quad (1)$$

В случае показателя-дестимулятора используется следующая формула:

$$X_i = 1 - \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (2)$$

где X – фактическое значение рассматриваемого показателя;

$X_{\max}$ – наибольшее значение рассматриваемого показателя;

$X_{\min}$ – наименьшее значение рассматриваемого показателя.

В соответствии с предложенной методикой, частные индикаторы рассчитываются в разрезе отдельных групп факторов. Сводный интегральный индикатор определяется на основе частных индикаторов и отражает уровень конкурентоспособности территории.



Частные индикаторы рассчитываются по формуле:

$$I_i = \sum_{j=1}^n d_j \cdot x_j, \quad (3)$$

где n – количество статистических показателей в i -том частном индикаторе;

d_i – весовой коэффициент, который рассчитывается по формуле:

$$d_i = \frac{\rho_i}{\sum_{i=1}^m \rho_i}, \quad (4)$$

где m – число показателей;

ρ_i – коэффициент относительного разброса

$$\rho_i = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{x_{\max}}. \quad (5)$$

Комплексная оценка состояния конкурентоспособности региона осуществляется на основе сводного интегрального показателя:

$$I_{\text{инт}} = \sum_{i=1}^k \bar{d}_i \cdot I_i, \quad (6)$$

где k – число частных индикаторов;

$\bar{d}$ – весовой коэффициент частного индикатора.

Достоинство формулы (6) состоит в том, что она позволяет учитывать долю влияния каждого частного индикатора на интегральный показатель.

В методике выявлено пять уровней значений частных и интегральных индикаторов, значения которых варьируются в пределах от 0 до 1. Градация значений индикаторов конкурентоспособности региона представлена в таблице 1.

Таблица 1

Table 1

Пороговые значения индикаторов конкурентоспособности региона
Threshold values of regional competitiveness indicators

Границы интервала индекса	Уровень конкурентоспособности региона
0,8<I<1,0	Высокий
0,6<I<0,8	Выше среднего
0,4<I<0,6	Средний
0,2<I<0,4	Низкий
0,0<I<0,2	Очень низкий

Результаты исследования и обсуждение

Данная методика была использована для оценки уровня конкурентоспособности регионов в контексте привлечения человеческого капитала.

Основные параметры исследования:

- в исследовании участвуют области Центрально-Черноземного макрорегиона: Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская;
- системное исследование конкурентоспособности проводилось в рамках временного промежутка с 2016 по 2018 гг.;
- в исследовании используются статистические данные (показатели);
- каждый показатель был нормирован согласно вышеописанной методике;
- были рассчитаны частные и сводные индикаторы;
- согласно градации, каждому индикатору был присвоен уровень конкурентоспособности.

Индекс конкурентоспособности региона в контексте привлечения человеческого капитала – комплексная оценка, характеризующая фактическую способность территории конкурировать за человеческие ресурсы.

Индекс конкурентоспособности региона отражает фактическую реализацию факторов конкуренции, т. е. оценивает индикаторы, отражающие результаты межрегиональной конкуренции.

В качестве источника для формирования индекса конкурентоспособности служат статистические показатели и результаты публичных исследований регионов.

Результаты расчетов сводного индикатора конкурентоспособности регионов представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Динамика интегрального индекса уровня конкурентоспособности областей Центрально-Черноземного макрорегиона

Fig. 3. Dynamics of the integral index of the level of competitiveness of the regions of the Central Chernozem macroregion

В настоящем исследовании было выделено несколько групп регионов по уровню конкурентоспособности:

- Группа 1. Регионы-лидеры со значением интегрального показателя более 0,8. Регионы, образующие центры полюсов роста, являющиеся ключевыми драйверами развития экономики макрорегиона и страны. В Центрально-Черноземном макрорегионе таких регионов выявлено не было.

- Группа 2. Регионы со значением интегрального показателя от 0,6 до 0,8 – обладают потенциалом перехода в число «регионов-лидеров» полюсов роста, и оказывают существенное влияние на развитие полюсов. В число таких регионов входят: Белгородская и Воронежская области.

- Группа 3. Регионы со значением интегрального показателя менее 0,6. Согласно оценке, к таким регионам относится Курская, Липецкая и Тамбовская области.

Распределение областей по группам в зависимости от уровня конкурентоспособности обеспечивает соответствующий уровню показатель механического прироста численности населения (рисунок 4).

Как видно из рисунка 4, Белгородская и Воронежская области, имеющие «выше среднего» уровень конкурентоспособности, характеризуются положительным миграционным приростом, что доказывает обоснованность основных положений исследования. Регионы группы 3 имеют отрицательный миграционный прирост и, следовательно, низкий приток человеческого капитала.

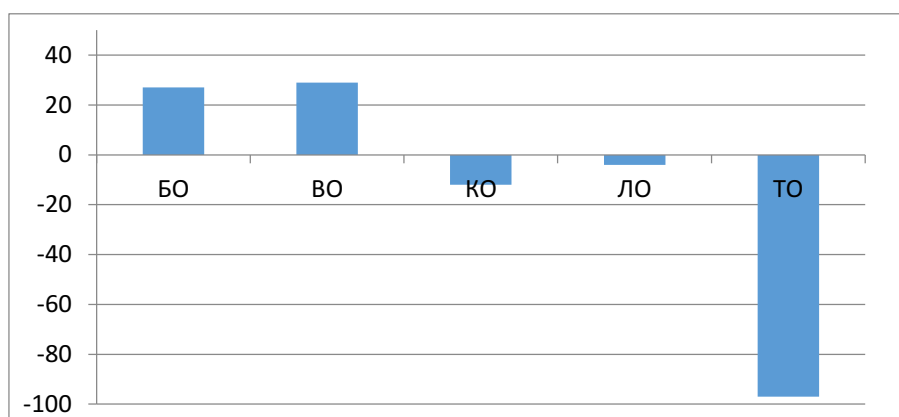


Рис. 4. Миграционный прирост численности населения областей
Центрально-Черноземного макрорегиона

Fig. 4. Migration growth of the population of the regions of the Central Chernozem macroregion

На втором этапе анализа была проведена оценка уровня конкурентоспособности региона по отдельным факторам с учетом значений частных индикаторов (таблица 2).

Таблица 2

Table 2

Матрица распределения областей Центрально-Черноземного макрорегиона
по уровню конкурентоспособности

The distribution matrix of regions of Central Chernozem macroregion according
to the level of competitiveness

	Высокий	Выше среднего	Средний	Низкий	Очень низкий
Экономический фактор		ВО	ЛО ТО БО	КО	
Социальный фактор		ЛО БО	КО ВО	ТО	
Демографический фактор	ВО	КО БО	ЛО	ТО	
Безопасность	БО		ЛО ТО	КО ВО	
Рынок труда	БО	ВО	ЛО	КО ТО	
Экологический фактор	КО	ВО БО	ТО		ЛО
Социальная инфраструктура		ВО БО	КО ТО	ЛО	
Транспортная инфраструктура			ВО БО	КО	ЛО ТО

Данная матрица позволяет выделить конкурентные преимущества региона, а также определить факторы, которые ограничивают привлечение человеческого капитала в данные регионы.

На основании таблицы 2 были определены позиции регионов по уровню конкурентоспособности с учетом рассматриваемых факторов (рисунок 5).

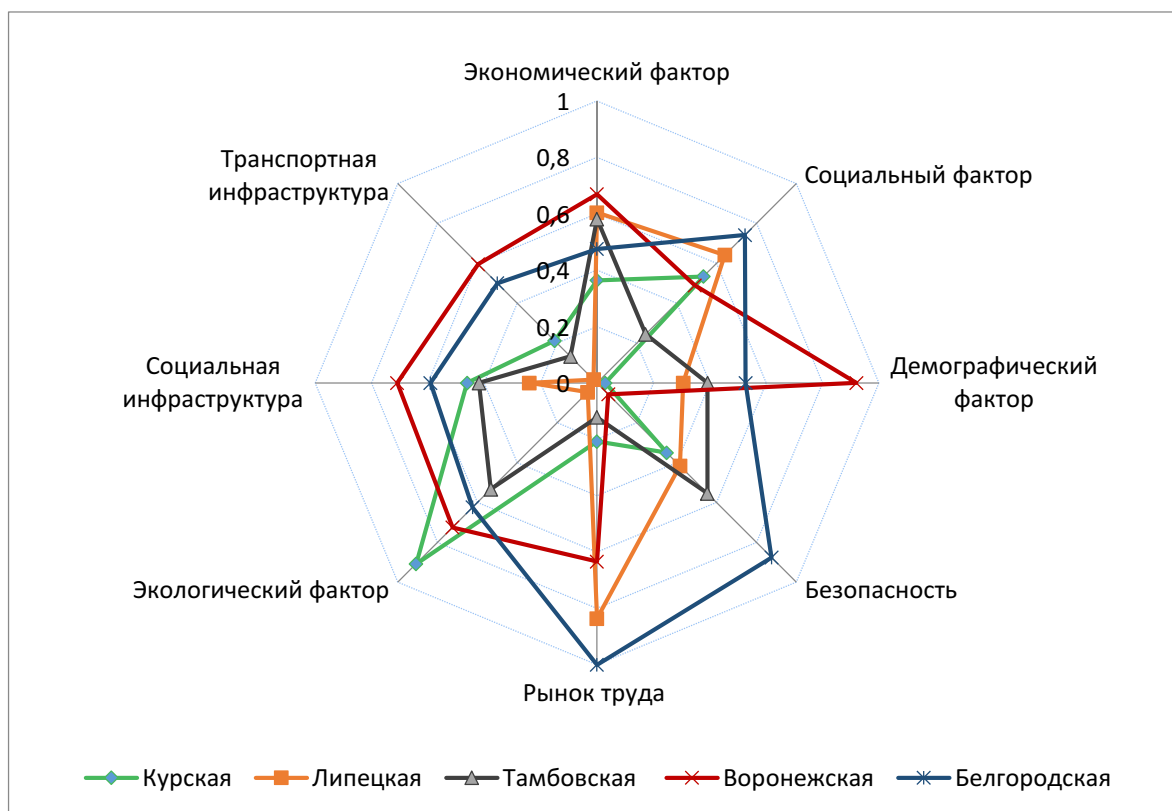


Рис. 5. Позиции областей Центрально-Черноземного макрорегиона по уровню конкурентоспособности с учетом факторов

Fig. 5. Positions of the regions of the Central Chernozem macro-region in terms of competitiveness, considering factors

Заключение

Результаты оценки на основе индикативного анализа позволяют определить место региона относительно других регионов, а также выявить лидеров и аутсайдеров по уровню конкурентоспособности с целью принятия дальнейших управленческих решений.

Итак, Белгородская и Воронежская области занимают лидирующие позиции по уровню конкурентоспособности регионов в контексте привлечения человеческого капитала. Высокую оценку конкурентоспособности Белгородская область получила по направлениям «Социальный фактор», «Безопасность» и «Рынок труда», Воронежская область по направлениям: «Демографический фактор», «Экономический фактор», «Транспортная и социальная инфраструктура». Сдерживающими факторами для данных регионов являются: для Белгородской «Экономический фактор», для Воронежской области «Безопасность».

Для регионов группы 3 ключевыми проблемами являются:

- Тамбовская область: «Транспортная инфраструктура», «Социальный фактор», «Демографический фактор», «Рынок труда»;
- Липецкая область: «Экологический фактор», «Социальная и транспортная инфраструктура»;
- Курская область: «Экономический фактор», «Транспортная инфраструктура», «Безопасность», «Рынок труда».

Таким образом, полученные результаты оценки конкурентоспособности региона могут быть использованы органами власти и управления территории при формировании стратегии привлечения человеческого капитала. При этом направление курса развития региона в данном контексте будет определено с учетом выявленных ускоряющих и сдерживающих факторов для каждой конкретной группы регионов.



Список литературы

1. Ахунов Р.Р. 2016. Оценка конкурентоспособности региона на основе структурных элементов воспроизводственного потенциала. Региональная экономика: теория и практика, 2: 107–124.
2. Батрак В.С. 2016. Методика оценки уровня конкурентоспособности регионов. Региональная экономика: теория и практика, 4: 89–103.
3. Гагарина Г.Ю. 2012. Человеческий капитал и его роль в обеспечении конкурентоспособности российских регионов. Стратегия развития региона, 23 (254): 9–14.
4. Глотова А.С., Титова И.Н., Лышчикова Ю.В. 2018. Интегральная оценка демографической безопасности региона. Современная экономика: проблемы и решения, 5: 111–122.
5. Бобылев С.Н., Григорьев Л.М. 2018. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2018 год. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 172.
6. Квасов И.А., Левина Н.В. 2015. Влияние человеческого капитала на конкурентоспособность социально-экономической системы. Интернет-журнал «Наукovedenie». Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/14EVN215.pdf>
7. Ключев К.В. 2012. Человеческий капитал как основа конкурентоспособности Ленинградской области. Журнал правовых и экономических исследований, 3: 63–66.
8. Ларина Н.И., Макаев А.И. 2006. Кластеризация как путь повышения международной конкурентоспособности страны и регионов, 10: 2–26.
9. Меркушов В.В. 2004. Интегральная оценка конкурентоспособности регионов. Региональная наука: сб. науч. тр. молодых ученых, 288.
10. Симанавичене Ж., Гижене В., Хаджинов И.В. 2013. Влияние человеческого капитала на конкурентоспособность регионов, Theoretical and Practical Aspects of Economics and Intellectual Property, выпуск 1, Т. 1.: 211–215.
11. Филлипова И.А. 2011. Влияние развития региона на формирование человеческого капитала. Региональная экономика: теория и практика, 39(219): 9–15.
12. Ушвицкий Л.И., Парахина В.Н. 2005. Конкурентоспособность региона как новая реалья: сущность, методы оценки, современное состояние. Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Экономика», 1: 1–20.
13. Шеховцева Л.С. 2007. Интегральная оценка стратегической конкурентоспособности российских регионов. Вестник ИЖЭКОНа, 4 (17):109–115.
14. Stryabkova E.A., Chistnikova I.V., Lyshchikova J.V., Dobrodomova T.N., Mochalova Ya.V., Izvarin A.A. 2018. Human capital as a strategic factor in the development of the regional economy. Revista Publicando, 15: 1492–1502. Mode of access: https://rmlconsultores.com/revista/index.php/crv/article/view/1468/pdf_1074
15. Stryabkova E.A., Glotova A.S., Titova I.N., Lyshchikova J.V., Chistnikova I.V. 2018. Modeling and forecasting of socio-economic development of the region. The Journal of Social Sciences Research, 5: 404–410. Mode of access: <https://arpgweb.com/pdf-files/spi5.11.404.410.pdf>

References

1. Ahunov R.R. 2016. Ocenka konkurentosposobnosti regiona na osnove strukturnykh elementov vosproizvodstvennogo potentsiala [Assessment of regional competitiveness based on structural elements of reproductive potential]. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika, 2: 107–124.
2. Batrak V.S. 2016. Metodika ocenki urovnya konkurentosposobnosti regionov [Methodology for assessing the level of regional competitiveness]. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika, 4: 89–103.
3. Gagarina G.YU. 2012. CHelovecheskij kapital i ego rol' v obespechenii konkurentosposobnosti Rossijskikh regionov [Human capital and its role in ensuring the competitiveness of Russian regions]. Strategiya razvitiya regiona, 23 (254): 9–14.
4. Glotova A.S., Titova I.N., Lyshchikova YU.V. 2018. Integral'naya ocenka demograficheskoy bezopasnosti regiona [Integrated assessment of the region's demographic security]. Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya, 5: 111–122.
5. Bobylev S.N., Grigor'ev L.M. 2018. Doklad o chelovecheskom razvitii v Rossiyskoy Federatsii za 2018 god. Analiticheskiy tsentr pri Pravitel'stve Rossiyskoy Federatsii, 172.
6. Kvasov I.A., Levina N.V. 2015. Vliyanie chelovecheskogo kapitala na konkurentosposobnost' sotsial'no-ekonomicheskoy sistemy. Internet-zhurnal «Naukovedenie». Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/14EVN215.pdf>

7. Klyuev K.V. 2012. Chelovecheskiy kapital kak osnova konkurentosposobnosti Leningradskoj oblasti [Human capital as the basis of competitiveness]. Zhurnal pravovyh i ekonomicheskikh issledovaniy, 3: 63–66.
8. Larina N.I., Makaev A.I. 2006. Klasterizatsiya kak put' povysheniya mezhdunarodnoy konkurentosposobnosti strany i regionov, 10: 2–26.
9. Merkushev V.V. 2004. Integral'naya otsenka konkurentosposobnosti regionov. Regional'naya nauka: sb. nauch. tr. molodykh uchenykh, 288.
10. Simanavichene ZH., Gizhene V., Hadzhinov I.V. 2013. Vliyanie chelovecheskogo kapitala na konkurentosposobnost' regionov [Impact of human capital on regional competitiveness]. Theoretical and Practical Aspects of Economics and Intellectual Property, vypusk 1, T. 1.: 211–215.
11. Fillipova I.A. 2011. Vliyanie razvitiya regiona na formirovanie chelovecheskogo kapitala. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika, 39(219): 9–15.
12. Ushvitskiy L.I., Parakhina V.N. 2005. Konkurentosposobnost' regiona kak novaya realiya: sushchnost', metody otsenki, sovremennoe sostoyanie. Sbornik nauchnykh trudov SevKavGTU. Seriya «Ekonomika», 1: 1–20.
13. Shekhovtseva L.S. 2007. Integral'naya otsenka strategicheskoy konkurentosposobnosti rossiyskikh regionov. Vestnik INZhEKONa, 4 (17): 109–115.
14. Stryabkova E.A., Chistnikova I.V., Lyshchikova J.V., Dobrodomova T.N., Mochalova Ya.V., Izvarin A.A. 2018. Human capital as a strategic factor in the development of the regional economy. Revista Publicando, 15: 1492–1502. Mode of access: https://rmlconsultores.com/revista/index.php/crv/article/view/1468/pdf_1074
15. Stryabkova E.A., Glotova A.S., Titova I.N., Lyshchikova J.V., Chistnikova I.V. 2018. Modeling and forecasting of socio-economic development of the region. The Journal of Social Sciences Research, 5: 404–410. Mode of access: <https://arpgweb.com/pdf-files/spi5.11.404.410.pdf>

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Глотова А.С., Глотов Д.С., Титова И.Н. 2020. Диагностика конкурентоспособности региона в контексте привлечения человеческого капитала. Экономика. Информатика. 47 (2): 244–253. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-244-253.

Glotova A.S., Glotov D.S., Titova I.N. 2020. Diagnostics of regional competitiveness in the context of attracting human capital. Economics. Information technologies. 47 (2): 244–253 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-244-253.



УДК 33(07)

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-254-263

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА С ПОЗИЦИИ ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЯ ЕГО ТУРИСТСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

METHODICAL APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF THE REGION THROUGH THE STUDY OF ITS TOURIST POTENTIAL

В.А. Столярова, З.В. Столярова, А.С. Трошин
V.A. Stolyarova, Z.V. Stolyarova, A.S. Troshin

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, 308012, ул. Костюкова, 46

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
46 Kostyukova St, Belgorod, 308012, Russia

E-mail: zldatast@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены основные принципы развития туристского потенциала как одного из ведущих индикаторов повышения конкурентоспособности региона. Были рассмотрены специфические особенности пространственного развития территорий в условиях глобализации. Обоснована необходимость создания и внедрения инвестиционных проектов, ориентированных на повышение уровня туристской привлекательности региона. В работе представлены новые методические подходы к анализу эффективности инвестиций в сферу регионального туризма, разработана система критериев их оценки с учетом группы показателей риска.

Abstract

The article presents a comprehensive study of the phenomenon of tourist potential through the construction of the author's model. Tourism potential has been explored from the perspective of the most important factor in improving the region's competitiveness. In particular, the specific features of the spatial development of the territories in the context of globalization of economic, social and cultural processes were considered. On this basis, the expediency of developing and operating investment projects aimed at increasing the tourist attraction of the region was justified. All of this requires a review of the traditional investment assessment system. For this reason, the article provides and analyzes new methodological approaches, including group of criteria for evaluating an investment project aimed at improving the level of development of the region through qualitative enhancement of its tourist capacity. In conclusion, a system of risk indicators was developed, which is necessary for the construction and implementation of the project.

Ключевые слова: туристский потенциал, инвестиционный проект, пространственное развитие, конкурентоспособность региона, риски.

Keywords: tourism potential, investment project, spatial development, competitiveness of the region, risks.

Введение

В настоящее время проблема пространственного развития территории и повышение региональной конкурентоспособности приобретает наиболее острый характер. Это обусловлено, прежде всего, естественной причиной, заключенной в бесконечном и перманентно ускоряющемся росте потребностей, и все больше истощающейся ресурсной базой, которой располагает человечество. [Столярова, 2019]. Поэтому конкурентоспособность региона должна быть дополнена весомым преимуществом, которое скрыто в его туристском потенциале. [Брусконе, 2014]. Более того, нельзя не отметить противоречивый характер

регионального развития в силу его амбивалентности, имеющей место в результате противоборства процессов локализации и глобализации [Гареев, 2017]. Все это настоятельно требует разработки комплекса мер, направленных на раскрытие, укрепление и дальнейшее развитие туристского потенциала отдельных регионов или стран в целом.

На первом этапе необходимо уточнить понятие туристского потенциала, поскольку это оправдано не только научной целесообразностью, но и исключительным практическим значением. Смысловое дополнение категории позволит определить основные подходы к его оценке, измерению и управлению.

Исходя из этих соображений, необходимо развести формальную и содержательную природу этого понятия. Первая нацелена на изучение объекта, потенциал которого исследуется. Им может быть конкретный город, округ, провинция или страна. Субъективный анализ основывается на содержательной стороне потенциала в зависимости от задач, которые предполагается решить. Например, усилить познавательный, рекреационный или событийный компонент туристского ресурса [Святохо, 2016].

Отталкиваясь от данной аргументации, необходимо указать на различия двух понятий: туристский потенциал и туристский ресурс. Дело в том, что туристский потенциал более соотносится с содержательной стороной и определяется целями, которые необходимо достигнуть для повышения общей инвестиционной привлекательности региона. Что касается туристского ресурса, он представляется скорее комплексом исходных условий, объективно существующей базой, определяющей вероятную возможность для обеспечения конкурентоспособности территории [Сесёлкин, Рассохина, 2013]. Другими словами, какой-либо природный ресурс региона, например озеро, может использоваться одновременно и сельскохозяйственной отраслью, и промышленностью, и транспортной связью. В отношении туристского потенциала будут оцениваться только те характеристики указанного водоема, которые значимы исключительно для конкретного вида туризма. В данном случае, это будет рекреационная, спортивная или медицинская составляющая. Таким образом, анализ туристского потенциала производится с точки зрения субъективных оценочных утверждений.

Указанные доводы позволяют заключить, что понятийное поле «туристского потенциала» несколько шире «туристского ресурса», поскольку аккумулирует целый ряд диверсифицированных аспектов, которые необходимо оценить на предмет способности положительным образом влиять на конкурентоспособность региона.

Обобщая сказанное, по нашему убеждению, следует считать наиболее корректным следующее определение термина «туристский потенциал региона»: туристский потенциал региона представляет собой комплекс факторов, имеющих место на отдельно взятой территории, обуславливающих возможность развития туристской индустрии с получением дальнейшего положительного социально-экономического эффекта.

Объекты и методы исследования

Туристский потенциал следует интерпретировать как динамичную многоаспектную систему, составные части которой находятся в постоянном взаимодействии. При этом имеют место непрерывные модификационные процессы, адаптирующие ее к постоянно меняющимся запросам рынков [Nasir, 2019]. Таким образом, происходит постоянная трансформация внешних и внутренних состояний, предопределяющая возможный переход потенциала в качественно новую форму. То есть, другими словами, положительный эффект от туристского потенциала будет определяться степенью гибкости и масштабируемости входящих в него элементов, способных развиваться сообразно имеющим место конъюнктурным данным.

В зависимости от масштаба исследования, туристский потенциал можно рассматривать как систему всех ресурсов, комплексно определяющих туристскую привлекательность территории или же вычленить и проанализировать отдельные его аспекты более детализировано. В последнем случае, как правило, подразумеваются следующие компоненты туристского потенциала:

- природный компонент, означающий совокупность всех экологических факторов;
- экономический компонент, учитывающий материальные и трудовые ресурсы региона;



- социальный компонент, учитывающий жизненные условия местного населения, этнические и бытовые особенности, лояльность жителей к туристам и др.;
- технический компонент, определяющий возможность размещения туристов и степень удовлетворения их потребностей;
- культурно-познавательный компонент, включающий наличие объектов культуры и искусства, способных усилить привлекательность региона.

Следует отметить, что современные реалии глобализации накладывают дополнительные трудности на проблему формирования устойчивого туристского потенциала территории [Куприянов, Столярова, 2015]. В мире, где информация доступна в любой момент и распространение происходит молниеносно, очень сложно поддерживать должный уровень конкурентоспособности региона в общем и его туристской привлекательности в частности. Более того, ситуацию дополнительно усложняет скорость изменения вкусов и предпочтений потребителей туристского продукта. Так, например, некогда мегапопулярные пакетные туры по системе «все включено» уступают место самостоятельному планированию направления поездки, бронированию отеля и покупке авиабилета. А стандартные экскурсионные туры считаются скучной альтернативой модному направлению индивидуального туризма на лоукостерах и автостопом с одним рюкзаком. Происходит переориентация дестинаций, и такие привычные и вечно переполненные путешественниками Средиземноморские курорты, европейские столицы и белоснежные пляжи юго-восточной Азии постепенно сдают свои позиции перед экзотическими джунглями Центральной Африки, пампасами и вулканами Южной Америки или даже суровыми снежными пустынями Антарктиды. Путешествие становится теперь не просто комфортным и приятным украшением будничной рутины, а вызовом обществу и самому себе, а также поиском мест, запечатление которых может поразить искушенных подписчиков в соцсетях. Более того, все большее количество людей вовлекаются в систему каучсерфинга, подразумевающую полное погружение в быт, культуру, социальную жизнь другой страны или региона. Эти новые тенденции приносят качественные и порой неожиданные изменения в традиционные схемы пространственного развития. Другими словами, страны с развивающейся экономикой, отстающие технически и социально, начинают заявлять о своем солидном туристском потенциале. С одной стороны, для таких государств возможность привлечения туристов – прекрасный шанс не только поддержать отрасли, связанные непосредственно с туризмом, но и улучшить общее благосостояние населения и количественно повысить макроэкономические показатели страны. С другой стороны, организация туров в нетрадиционные и экзотические направления сопряжена с дополнительными рисками, которые не могут не учитываться организаторами поездок, продающими турпродукт или самостоятельными путешественниками, планирующими поездку.

В отношении территорий идет постоянная конкурентная борьба за утверждение преимущества своего потенциала [Мухаметова, 2016]. Регионы, при непосредственном участии продавцов турпродукта (турагентств, туроператоров), покупателей (путешественников и курортников), инфраструктурных объектов, природных ресурсов, общего социального, политического и экономического фона формируют собственный туристический имидж территории. В этой связи нельзя не отметить, что деятельность по улучшению привлекательности региона для туристов способствует дополнительному притоку инвестиций и положительным образом влияет на состояние смежных отраслей: транспорта, строительства, коммуникаций, связи, розничной торговли и сельского хозяйства. То есть имидж региона, обусловленный, допустим, исключительно природными факторами (например, существованием какого-нибудь уникального водопада), способствует развитию инфраструктуры развлечений и общественного питания, что в свою очередь делает необходимым развитие сельского хозяйства, строительства и транспортной системы, и далее последовательно поднимает уровень технического и технологического потенциала [Матвеев, Степанова, 2017]. Таким образом, комплекс взаимосвязанных факторов, который представляет собой туристский потенциал, является гибкой системой, демонстрирующей постоянное развитие. В связи с этим необходимо исследовать возможности раскрытия

туристского потенциала, как важнейшего фактора регионального развития [Dankova Z.Y., Muzyleva E.S., 2017]. В большинстве случаев повышение туристской притягательности какой-либо территории невозможно без притока инвестиций. Поэтому, на наш взгляд, основная задача – это оценить их эффективность посредством реализации проекта, оценка перспективности которого требует разработки новых методологических подходов, подразумевающих специфические критерии при учете возможных рисков.

Результаты и их обсуждение

В деле пространственного развития региона туристскому потенциалу отводится значительное место, поскольку он является драйвером конкурентоспособности и перспективной базой для процветания территории. Вследствие этого, по нашему убеждению, необходимо определить принципы формирования и развития туристского потенциала.

1. Принцип комплексности, который предполагает активацию совместной деятельности всех хозяйствующих субъектов, участвующих в создании и продвижении туристского продукта. В этом случае прямыми фигурантами указанной деятельности будут туроператоры, турагентства, представители гостиничного бизнеса, предприятия общественного питания, организаторы досуга, транспортные компании, точки розничной торговли, экскурсионные бюро. Что касается косвенных субъектов, к ним можно отнести банки и обменные пункты, транспортные терминалы, операторов связи, лечебные учреждения, органы правопорядка, а также работников консульств и посольств. Скоординированность действий указанных структур является важнейшим условием развития туристского потенциала региона.

2. Принцип планирования, который предусматривает составление и внедрение планов развития туризма при обязательном их включении во все значимые общественные сферы: образование, здравоохранение, спорт, наука, культура и искусство.

3. Принцип инновационного развития. Он базируется на идее продвижения инновационной составляющей туризма, без которой невозможно повышение конкурентоспособности региона. Это подразумевает разработку новых технологий в сфере турбизнеса и смежных с ним отраслях, активное использование уже созданных новаций и их адаптация к имеющейся научно-технической базе [Столярова, 2019].

4. Принцип стимулирования деловой активности. Прежде всего этот принцип затрагивает сферу малого бизнеса, но вместе с тем происходит поступательное подключение крупных компаний, которые опосредованно участвуют в создании положительного имиджа территории. К ним можно отнести крупные гостиничные сети, авиакомпании, строительные девелоперские группы и другие.

5. Принцип всестороннего распространения. В этом случае имеется в виду международное сотрудничество и развитие обоюдовыгодных связей между различными странами в области технологий, культуры, науки, спорта и т. д.

6. Принцип локальной защищенности. Этот принцип предусматривает мероприятия по обеспечению безопасного и комфортного проживания не только туристов, но и учет интересов местного населения. При правильной организации соблюдение этого принципа будет способствовать повышению общего уровня гостеприимства и позволит избежать недовольства и протестов со стороны коренного населения в отношении избыточного потока туристов, как это происходит в Барселоне или Венеции.

7. Принцип экологичности включает учет рисков, связанных с нарушением природного ландшафта, неэффективного использования естественных ресурсов, а также принятие комплекса превентивных мер по их устранению.

8. Принцип профилактики конфликтов. Имеются в виду, прежде всего, межэтнические, религиозные конфликты, проявление расовой нетерпимости, демонстрация любых форм дискриминации.

Обозначенные принципы позволят создать методологическую основу управления конкурентоспособностью региона, основанную на развитии его туристского потенциала. Наиболее важными методами среди прочих, по нашему мнению, являются:



1. обеспечение безопасности жизни и психологического комфорта туристов посредством скоординированной и оперативной работы правоохранительных органов;
2. защита законных прав иностранцев и местных граждан через укрепление правовой базы при соблюдении международных юридических норм;
3. контроль качества и безопасности товаров и услуг, производимых отраслями, связанными со сферой туризма;
4. обеспечение здоровой конкурентной среды посредством комплекса соответствующих антимонопольных мероприятий;
5. правовая защита экономических интересов предпринимательства, прямо или косвенно вовлеченного в процесс создания туристского продукта;
6. составление плана мероприятий по экологической защите и охране памятников культуры и искусства;
7. повышение качества информационного обеспечения в целях повышения значимости туризма для физического, интеллектуального и духовного развития населения;
8. обеспечение политической, экономической и социальной стабильности, что является неперенным условием создания положительного имиджа региона;
9. продвижение и защита национальных интересов в рамках международного сотрудничества в сфере туризма.

Эти и другие методы должны быть реализованы при содействии федеральных и региональных органов управления в границах целевых программ, разработанных в ключе базовых принципов пространственного развития [Malykhina I.O, 2017]. Вместе с тем наиболее действенным методом повышения туристской привлекательности региона является внедрение инвестиционных проектов с соответствующей ориентацией [Дорошенко, Сомина, 2015].

Любой вариант инвестиционной деятельности сопряжен с большей или меньшей степенью риска [Кузнецов, 2014]. В случае, если речь идет о туристском потенциале, список рисков значительно расширяется в силу значимости различных факторов политического, культурологического, социального, религиозного и юридического плана. Столь динамично развивающаяся отрасль народного хозяйства, как туризм требует особой формы инвестиционной деятельности, что, в свою очередь, говорит о необходимости качественного пересмотра традиционных подходов к оценке эффективности инвестпроекта. Таким образом, можно утверждать, что экономическая эффективность проекта в сфере туризма – универсальный показатель, позволяющий установить степень результативности и целесообразности деятельности, направленной на количественный и качественный прирост факторов, определяющих туристский потенциал региона.

Генеральная цель инвестиционной деятельности в сфере туристического бизнеса состоит в максимизации прибыли владельцев инвестиций, часть которой обязательно найдет отражение в состоянии общего благосостояния субъектов и объектов, связанных прямо или косвенно с проектом. Это означает конвертацию личной выгоды владельца инвестиций и организатора проекта в улучшение общего имиджа территории с точки зрения туристической привлекательности.

Любой инвестиционный проект принимает во внимание три основных фактора: доходность, время и риск [Дорошенко, Сомина, 2013]. Однако в случае с туристским потенциалом, их количественная интерпретация может быть затруднена в силу существования дополнительных рисков. Существующие методики оценки применительно к проекту, нацеленному на повышение регионального турпотенциала, позволяют составить приблизительное представление о его будущей рентабельности и могут служить скорее информацией к размышлению, а не четким руководством к действию. Поэтому, признавая безусловную научную и практическую значимость традиционных методологических подходов, считаем необходимым разработку новой методики оценки.

Данный методический подход может быть разложен на соответствующие этапы, последовательно включающие постановку цели, построение алгоритма методики, отбор показателей, необходимых для оценки эффективности проекта, и, наконец, вывод интегрального показателя оценки.

Первый этап подразумевает установление цели, которая должна быть достигнута по завершении реализации проекта. Общая миссия, заключающаяся в повышении туристского потенциала региона, должна конкретизироваться задачами, учитывающими способы минимизации издержек, достижение коммерческой эффективности или создание новых инфраструктурных объектов, способных усилить туристическую привлекательность территории. В этом заключается подготовка алгоритма методического подхода.

Далее происходит этап отмежевания основных показателей, способных оценить социальную и экономическую целесообразность проекта, его соответствие запросам общества на данном этапе. При этом социальная эффективность первична перед коммерческой, поскольку общественно несостоятельный проект не сможет найти финансовой поддержки ни на частном, ни на государственном уровне. Коммерческая эффективность не только связана с вопросами финансирования, она должна учитывать территориальную, национальную и культурологическую специфику. Именно поэтому интегрирующий показатель демонстрирует многоуровневую систему оценки эффективности инвестпроекта, совмещающая следующие аспекты: внутриорганизационная эффективность, отраслевая эффективность, хозяйственная эффективность, бюджетная эффективность.

В ходе разработки инвестиционного проекта, главной целью которого является повышение туристического потенциала региона, производится аналитическая работа по нескольким направлениям одновременно, что отражено на рисунке 1.

Необходимо отметить, что оценка инвестпроекта в сфере туристического бизнеса может носить значительную степень неопределенности в силу изменчивости различного рода условий и существования множества рисков, связанных с социальной, политической, культурно-этнической конъюнктурой [Куприянов, Трошин, 2016]. Именно поэтому целесообразно провести комплексное исследование условий, определяющих туристский потенциал территории, учитывая в том числе макроэкономические показатели конкретной страны, уровень гостеприимства местного населения, эпидемиологическую, экологическую и криминогенную обстановку, особенности местного законодательства, специфику отношений предпринимательского класса и институциональных структур, емкость местного рынка и ряд других.



Рис. 1. Компоненты оценки эффективности инновационного проекта в сфере туризма

Fig. 1. Components for evaluating the effectiveness of an innovative tourism project

Объективность оценки инвестиционного проекта будет зависеть от возможности модифицирования традиционных методологических подходов. На наш взгляд, этому требованию более всего соответствуют методики, подразумевающие дисконтирование денежных потоков, а именно метод определения внутренней нормы прибыли и метод чистой текущей стоимости [Кузнецов, 2014]. Указанные подходы позволяют корректировать оценку, добавляя количественные и качественные показатели, а также учитывают инфляционный момент. Безусловно, подобная оценка должна быть дополнена инструментом учета возможного риска.

В рамках методики была предложена система факторов, определяющая наличие и степень риска по отдельным группам:

Группа социальных факторов рисков: уровень гостеприимства местного населения, статистика преступности, случаи терроризма, эпидемиологический фон, языковой барьер, культурные, религиозные особенности.

Группа экологических факторов рисков: сезонные погодные явления, частота стихийных бедствий, безопасность в сфере общепита, санитарные условия общественных мест, качество воды, состояние воздуха.

Группа экономических факторов рисков: уровень подготовки персонала, задействованного в туристической сфере и смежных отраслях, волатильность спроса, рост налогов, платежеспособность местных жителей и туристов, показатели инфляции, уровень развития транспортной системы.

Политические факторы риска: устойчивость политического режима, отношение властей и бизнеса, частота массовых выступлений, характер народных протестов, вероятность наступления военных действий, политическая обстановка в соседних странах.

В процессе оценки рисков целесообразно произвести процедуру взвешивания, определив приоритеты. Интегральная оценка будет демонстрировать общую степень риска, а начисление приоритетов и весов позволит спланировать профилактические мероприятия по снижению негативных факторов.

Для этого, прежде всего, следует определить экспертную оценку риска по отдельным категориям (OR_k):

$$OR_k = \sum_{i=1}^m \varepsilon K_1 \beta_i + \sum_{i=1}^m \varepsilon K_2 \beta_i + \dots + \sum_{i=1}^m \varepsilon K_n \beta_i, \quad (1)$$

где εK_n – оценка каждого из экспертов, β -вес каждого фактора по отдельным категориям, n – число экспертов, m – количество факторов по каждой категории. Таким образом, мы можем получить оценку риска всех экспертов по каждой категории:

Зная суммарную экспертную оценку по отдельным категориям и число экспертов, мы можем определить среднюю оценку риска по каждой категории:

$$R_{cp} = OR_k / n. \quad (2)$$

Таким образом, совокупную оценку риска (SOR) можно рассчитать по формуле:

$$SOR = \varepsilon R_{cp.} + CR_{cp.} + \varepsilon_k R_{cp.} + PR_{cp.}, \quad (3)$$

где $\varepsilon R_{cp.}$ – средняя оценка риска экологических факторов, $CR_{cp.}$ – средняя оценка риска социальных факторов, $\varepsilon_k R_{cp.}$ – средняя оценка риска экономических факторов, $PR_{cp.}$ – средняя оценка риска политических факторов.

Предельное значение суммарного риска, по нашему мнению, должно стремиться к минимуму или, по крайней мере, не превышать 0,5, поскольку более высокий результат делает риск неоправданным.

Общее значение совокупной оценки будет меняться в зависимости от состава участников экспертной группы, а также определений приоритетов учитываемых факторов, которые подвержены влиянию рыночной и социально-политической конъюнктуры, и в целом будут отличаться по странам и регионам. Вместе с тем, несмотря на высокую степень

субъективности, которая всегда присутствует в экспертном анализе, совокупная оценка риска позволяет существенно скорректировать прогнозы относительно рентабельности проекта.

Таким образом, применяя традиционные методики оценки инвестиционной эффективности проекта в сочетании с расчетом показателя совокупного риска, мы можем ввести дополнительные опции, позволяющие детализировать оценку эффективности инвестиций проекта, направленного на повышение туристского потенциала региона.

В конечном счете, можно резюмировать следующие принципы оценки:

- необходимость определения целесообразности осуществления инвестиционного проекта на протяжении всего его жизненного цикла с учетом времени и инфляции;
- расчет прогнозируемых доходов и расходов, исходя из их настоящей ценности с начала запуска инвестиционного проекта и на протяжении всего времени его действия посредством метода дисконтирования денежных потоков;
- определение суммарного показателя риска;
- учет и анализ косвенных факторов, корректирующих показатели эффективности в зависимости от специфики туристского потенциала отдельно взятого региона;
- прогнозирование отрицательных и положительных воздействий проекта на отрасль туризма, смежные отрасли и конкурентоспособность региона.

Выводы

Пространственное развитие территорий является одним из самых значимых условий повышения конкурентоспособности национальной экономики. Особенно это необходимо для стран с четко выраженными тенденциями к централизации, в условиях которых происходит отток трудовых, финансовых и технологических ресурсов из удаленных областей. В результате наблюдается структурная деформация экономики, неравномерность регионального развития, и как следствие, усиление социальной дифференциации. По этим соображениям необходимо уделять особое внимание перспективному развитию периферийных территорий. Одним из факторов роста региональной конкурентоспособности является формирование и укрепление туристского потенциала, поскольку последний предоставляет широкую базу для успешного функционирования многих отраслей, прямо или косвенно участвующих в процессе создания туристского продукта. Туристский потенциал является драйвером роста совокупного спроса, увеличения числа промышленных предприятий, разрастания социальной инфраструктуры, притока новых технологий, увеличения числа высококвалифицированных специалистов.

Формирование туристского потенциала должно происходить на базе ряда принципов, большинство из которых были рассмотрены выше. Более того, необходимо подчеркнуть, что повышение уровня туристского потенциала невозможно без реализации инвестиционных проектов. Любой инвестиционный проект должен быть оценен с позиции его эффективности, однако в случае с туристической сферой традиционные методики оценки должны быть скорректированы в силу существования различных категорий рисков.

Таким образом, на наш взгляд необходимо модифицировать методологические подходы к оценке инвестиционной эффективности проекта, направленного на повышение туристского потенциала и разработать интегральный показатель рисков, оцененных с помощью экспертной оценки, основанной на назначении весов и приоритетов.

Список литературы

1. Брусокене Т.В. 2014. Формирование и реализация туристского потенциала региона: Автореф. дис. ... канд. экон. наук, Санкт-Петербург, 18.
2. Гареев И.Ф., Мухаметова Н.Н. 2017. Комплексное развитие территорий: цели, ресурсы и показатели эффективности. Российское предпринимательство, 18(23): 3939–3952.
3. Кузнецов Б.Т. 2014. Управление инвестициями. М., Благовест-В, 425.
4. Матвеев Ю.В., Степанова Т.Е., Матвеев К.Ю. 2017. Региональное развитие как инновационно-инвестиционный процесс институционального управления. Креативная экономика. 11(5): 637–658.



5. Мухаметова Н.Н. 2016. Территориальный подход к формированию конкурентных преимуществ региона. Жилищные стратегии. 3(3): 179–192.
6. Святохо Н.В. 2016. Концептуальные основы исследования туристского потенциала региона. Теория и практика управления, 2: 30–35.
7. Сесёлкин А.И., Рассохина Т.В. 2013. Анализ критериев устойчивого развития туристских дестинаций. Научно-практический журнал «Вестник РМАТ». 2(8):28–33.
8. Столярова З.В., Столярова В.А., Панго Чапдо Седоин. 2019. Наука и технологии как важнейший фактор экономического развития в условиях глобализации. 6th International Conference Law, economy and management in modern ambience lemima, Univerzitet „Union – Nikola Tesla”, Beograd: 313–317.
9. Dankova Z.Y., Muzyleva E.S. 2017. Modeling of managerial processes in the conditions of innovative economy. Advances in Engineering Research. (Actual Issues of Mechanical Engineering AIME 2017), 133: 148–155.
10. Doroshenko Y.A., Somina I.V., Komissarov S.A. and Doroshenko S.Y. 2015. The Essence and Characteristics of Investment Processes in Small Innovative Enterprises. Asian Social Science 11(6):185–191
11. Doroshenko Y.A., Somina I.V., and Komissarov S.A. 2013. Sources of Financing and Innovative and Investment Activity of Small Enterprises. World Applied Sciences Journal 25(6): 975–982
12. Kupriyanov S.V., Troshin A.S., Sandy I.S., Stryabkova E.A. 2016. Investment process development: principles and characteristics. International Journal of Pharmacy and Technology, 8. (4): 24848–24855.
13. Kupriyanov S.V., Stolyarova V.A., Stolyarova Z.V. 2015. The role of science as a factor of integration of countries in the context of globalization. Asian Social Sciences, Journal of Social and Humanities, Canada: 278–283.
14. Malykhina I.O., Somina I.V., Moiseev V.V., Glagoltva N.N. 2017 Important aspects of forming and realization of region's innovation strategies. International Conference on Research Paradigm Transformation in Social Sciences (RPTSS 2017): 1308–1314.
15. Nasir G.R., Titova I.N., Glotova A.S., Troshin A. 2019. Predictive models and scenarios of economic development of the region. Economic and Social Development Book of Proceedings:1143–1149.

References

1. Bruskone T.V. 2014. Formirovanie i realizaciya turistskogo potenciala regiona [Formation and realization of the region's tourism potential]. Abstract. dis. ... cand. econ. sciences. Saint-Petersbourg, 18.
2. Gareev I.F., Muhametova N.N. 2017. Kompleksnoe razvitie territorii_ celi_ resursi i pokazateli effektivnosti. [Comprehensive development of territories: goals, resources and performance indicators]. Russian entrepreneurship, 18(23): 3939–3952.
3. Kuznetsov B.T. 2014. Upravlenie investitsiyami. [Investment management]. Moscow, Blagovest-V, 425.
4. Matveev Yu.V., Stepanova T.E., Matveev K.Yu. 2017. Regionalnoe razvitie kak innovacionno-investicionnii process institucionalnogo upravleniya. [Regional development as an innovation and investment process of institutional governance]. Creative economy. 11(5): 637–658.
5. Muhametova N.N. 2016. Territorialnii podhod k formirovaniyu konkurentnih preimuschestv regiona. [A territorial approach to building the region's competitive advantages]. Housing strategies. 3(3): 179–192.
6. Svyatoho N.V. 2016. Konceptualnie osnovi issledovaniya turistskogo potenciala regiona. [The conceptual basis of research into the tourism potential of the region]. Teoriya i praktika upravleniya, 2: 30–35.
7. Seselkin A.I., Rassohina T.V. 2013. Analiz kriteriev ustoichivogo razvitiya turistskih destinacii. [Analysis of the criteria for sustainable development of tourist destinations]. Nauchno-prakticheskii jurnal «Vestnik RMAT». 2(8):28–33.
8. Stolyarova Z.V., Stolyarova V.A., Pango Tchapdo Sedoin. 2019. Nauka i tehnologii kak vajneishii faktor ekonomicheskogo razvitiya v usloviyah globalizacii. [Science and technologies as the main factor of economic development in terms of globalization]. 6th International Conference Law, economy and management in modern ambience lemima, Univerzitet „Union – Nikola Tesla”, Beograd: 313–317.
9. Dankova Z.Y., Muzyleva E.S. 2017. Modeling of managerial processes in the conditions of innovative economy. Advances in Engineering Research. (Actual Issues of Mechanical Engineering AIME 2017), 133: 148–155.

10. Doroshenko Y.A., Somina I.V., Komissarov S.A. and Doroshenko S.Y. 2015. The Essence and Characteristics of Investment Processes in Small Innovative Enterprises. *Asian Social Science* 11(6):185–191
11. Doroshenko Y.A., Somina I.V., and Komissarov S.A. 2013. Sources of Financing and Innovative and Investment Activity of Small Enterprises. *World Applied Sciences Journal* 25(6): 975–982
12. Kupriyanov S.V., Troshin A.S., Sandy I.S., Stryabkova E.A. 2016. Investment process development: principles and characteristics. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 8. (4): 24848–24855.
13. Kupriyanov S.V., Stolyarova V.A., Stolyarova Z.V. 2015. The role of science as a factor of integration of countries in the context of globalization. *Asian Social Sciences, Journal of Social and Humanities, Canada*: 278–283.
14. Malykhina I.O., Somina I.V., Moiseev V.V., Glagoltva N.N. 2017 Important aspects of forming and realization of region's innovation strategies. *International Conference on Research Paradigm Transformation in Social Sciences (RPTSS 2017)*: 1308–1314.
15. Nasir G.R., Titova I.N., Glotova A.S., Troshin A. 2019. Predictive models and scenarios of economic development of the region. *Economic and Social Development Book of Proceedings*:1143–1149.

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Столярова В.А., Столярова З.В., Трошин А.С. 2020. Методические подходы к оценке развития региона с позиции исследования уровня его туристского потенциала. *Экономика. Информатика*. 47 (2): 254–263. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-254-263.

Stolyarova V.A., Stolyarova Z.V., Troshin A.S. 2020. Methodical approaches to the development of the region through the study of its tourist potential. *Economics. Information technologies*. 47 (2): 254–263 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-254-263.

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ INVESTMENT AND INNOVATIONS

УДК 001.89:33.02+124.3

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-264-273

О СВЯЗИ УПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЕМ НАУЧНОГО ЗАДЕЛА И ГРУПП РАЗРАБОТОК

ON THE RELATIONSHIP OF MANAGEMENT OF CREATION OF A SCIENTIFIC RESERVE AND DEVELOPMENT GROUPS

А.В. Крутов

A.V. Krutov

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Россия, г. Москва, 125993, Волоколамское шоссе, д. 4

Moscow aviation institute (National research university), 4 Volokolamskoe Hwy,
Moscow, 125993, Russia

e-mail: avkrutov@inbox.ru

Аннотация

Научные исследования, проводимые на основе традиционного подхода, мало пригодны при смене технологических укладов. Рассмотрены современные организационные системы управления созданием технологий и техники. Сравниваются возможности разработки перспективных продуктов на основе конструкторского и инновационного принципов. Анализируются специфика этапов исследования в существующих оргсистемах управления созданием образцов техники, трудности при создании и внедрении систем, построенных на основе оценки достигнутого уровня готовности технологий, в частности, в Комплексной системе управления научными исследованиями и разработками (КСУ НИР). Предложены группы исследований и разработок – по важности и критичности для страны, политической значимости; по масштабности, охвату стадий и этапов жизненного цикла изделия, степени сложности, типу хозяйствования, источникам финансирования. Указаны предпочтительные для групп системы создания наукоёмкой продукции.

Abstract

The preparation of promising technologies is based on scientific research; however, the traditional approach to their implementation is imperfect when changing technological stages. Modern organizational systems for managing the creation of technologies and equipment are considered; types of studies are grouped by the features of the functioning of these systems. The possibilities of developing promising products based on design and innovation principles are compared. The problems and specifics of the research stages in the existing organizational systems for managing the creation of technical samples are analyzed. Attention is paid to possible difficulties accompanying the creation and implementation of systems based on an assessment of the achieved level of technology readiness, in particular, in the Integrated System for the Management of Scientific Research and Development (ISM SRD). Groups of research and development are proposed - they are distinguished by importance and criticality for the country, political importance; in scale, in terms of coverage of the stages and stages of the product life cycle, in degree of complexity, in the nature of the work environment, in terms of funding sources. The preferred systems for creating high-tech products for groups are indicated.

Ключевые слова: научно-технический задел, исследования и разработки, технологический уклад, уровень готовности технологий, система управления научными исследованиями и разработками.

Keywords: scientific and technical groundwork, research and development, technological stage, technology readiness level, system for the management of scientific research and development.

Введение

Для создания перспективных технологий и образцов техники нужно иметь опережающий задел (новые знания и технические решения, при помощи которых можно преодолеть отставание, вырваться вперёд в производстве конкурентоспособной продукции). За последние годы этот тезис многократно повторялся представителями науки, руководителями производственных предприятий, должностными лицами разных уровней власти. Однако его реализация требует новых, более совершенных принципов, методов и процедур проведения исследований, экспериментов и испытаний. До сих пор к процессу создания научно-технического задела обращались по мере необходимости и как к обычной административной процедуре, поэтому и результаты были, как правило, неутешительные. По утверждению специалистов, открытие опытно-конструкторских работ или программ приобретения по разработке высокотехнологичных образцов техники «с незрелым научно-техническим заделом приводит к увеличению сроков их создания в 1,9 раза, повышению стоимости разработки в среднем на 40 %, а стоимости закупки финальных образцов на 20 % по сравнению с начальной оценкой» [Борисов, 2017] в среднем по наукоёмким отраслям.

В последние десятилетия возникают новые подходы, схемы, принципы более эффективного способа получения задела. В конце прошлого века появились разные методологии: и универсального характера (для достаточно абстрактных исследований, без указания предмета), и связанные с конкретными этапами создания образцов, и учитывающие определенный набор факторов, ресурсов исследования. Они имеют разную практическую ценность, не все приемлемы в разработках и на производстве. Для некоторых методологий приходится подбирать подходящие типы исследовательских проектов.

Создание научно-технического задела в условиях перехода на новый технологический уклад

Задачи, поставленные государством перед высокотехнологичными отраслями промышленности, могут быть решены на основе открытий фундаментальной и прикладной наук, совершенствования организации конструирования и производства. Такие возможности даёт шестой технологический уклад. Он ведёт к изменению структуры общественного производства, повышению роли науки и человеческого фактора, совершенствованию организации и управления государством, экономикой, потреблением товаров и услуг. Ядром уклада – совокупностью технологически сопряженных производств – становятся промышленные, транспортные, информационные, социальные системы на базе конвергенции нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий [Глазьев, 2010].

Создание задела требует инвестиций: финансовых, материальных (наличия специальных приборов, экспериментальной базы и др.), научных (подготовленных кадров, коллективов с определёнными компетенциями), интеллектуальных (результатов исследований фундаментальной науки, являющихся «сырьём» для прикладных разработок), организационно-административных и т. д. Инвестиции поступают и распределяются поэтапно. С.Ю. Глазьев выделяет три «вершины» в динамике ресурсного обеспечения потока инноваций 6-ого технологического уклада [Филин, 2014]:

1) связанную с инвестициями, поддерживаемыми «зрелыми» производствами текущего 5-го уклада, но направляемыми на создание задела в перспективных технологиях за счёт собственных средств (зарождение);

2) определяемую возможностями усовершенствования технологий и продуктов 5-го уклада, которые открываются в ходе *научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ* (НИР и ОКР) по технологиям следующего 6-го уклада (рост);

3) связанную с развитием кластера базовых нововведений нового уклада на собственной основе (внедрение) [Глазьев, 2010].

Эти вершины непосредственно влияют на рост новых технологий и соответствуют интервалам (см. рис. 1) [Филин, 2014].

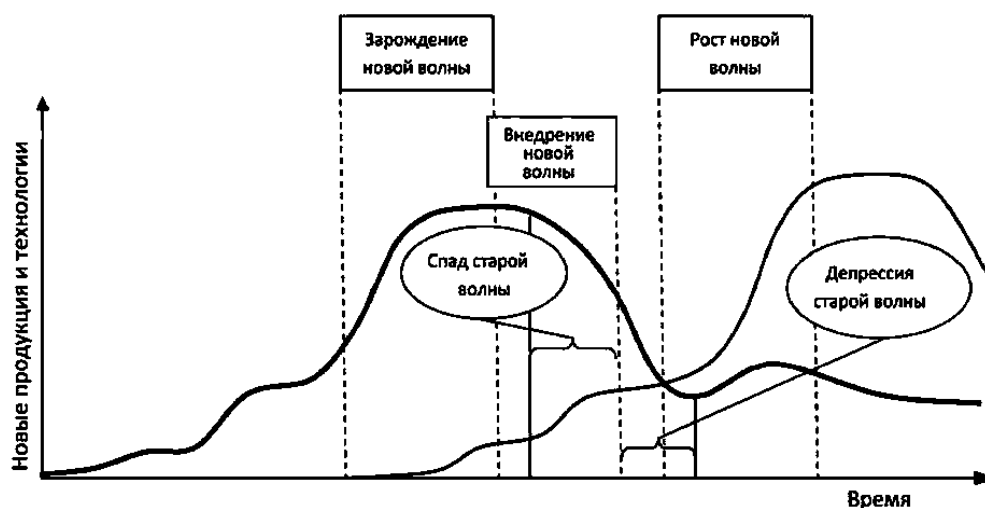


Рис. 1. Смена старой и новой длинных волн технологического развития

Fig. 1. Change of old and new long waves of technological development

Опережающий задел создаётся на основе новой системы управления *исследованиями и разработками* (ИиР) со своей структурой и методологией. Особую активность в формировании её принципов проявляют научные организации авиа- и судостроения, космической и атомной промышленности [Алёшин, 2010; Брутян, 2018; Леонов, Пронин, 2018; Сливичкий, 2018; Муракаев И.М. и др. 2019; Борисенков И.Л. и др., 2020; Mazurkiewicz A. et al., 2013; Weyer S. et al., 2015; Nayak A. et al., 2016; Zatsman I. M. et al., 2017].

Принципы организации и системы создания наукоёмкой продукции

Достижением предыдущих технологических укладов является т. н. «конструкторский» принцип организации создания наукоёмкой продукции. Он основан на директивном планировании, управлении и контроле использования ресурсов и сроков исполнения. В начале работ принимаются решения о создании определённого изделия, о ведущем разработчике; а по результатам проработок – о создании образца. Если для создания образца с заданными характеристиками не хватает научного задела, проводятся прикладные или фундаментальные НИР. Поэтапно следуют ОКР, подготовка макетов, оснастки, проведение испытаний и т. д. С конца 1970 гг. этот принцип воплощён в создании новейшей военной техники от проведения бюджетизируемых поисковых НИР до серийного производства.

Для конструкторского принципа характерны относительно стабильные внешние условия и факторы, т. к. государство административно-политически обеспечивает удобную обстановку для работы; но оно же требует достижения требуемых характеристик продукции. Такой режим стимулирует применение «проверенных» технологий, отказ от новаторства. Конструкторский принцип основан на достижениях 4 и 5 укладов и соответствует 3-му виду-вершине (Рост новой волны на рис. 1), *по Глазьеву*, динамики ресурсного обеспечения 5-го уклада.

В традиционном конструкторском принципе постепенно выявился недостаток. На ранних стадиях развития новых технологий и концепций их эффективность неизвестна. Поэтому целесообразно рассматривать широкий спектр идей, возможных технических решений, чтобы избежать потерь времени, финансов, труда и недостижения необходимых характеристик. В процессе разработки уточняются оценки эффективности и результативности. Поэтому можно отбросить идеи и концепции, оценённые как неработоспособные, и сосредоточить ресурсы на более перспективных. Затем следует отобрать оптимальные технические варианты (из числа допустимых по прогнозам) или добавить новые (если отбор будет неудовлетворительным). Затраты ресурсов на создание задела, разработку и выпуск продукции снизят риск недостижения целевых показателей и непредвиденные расходы на переделку проекта.

Для получения нужного результата в сложно-нестабильных условиях предложен *инновационный* принцип организации управления ИиР. Он предполагает многовекторность работ на начальных этапах разработки, оптимизацию задач и используемых ресурсов.

Вариант инновационной организации создания высокотехнологичных продуктов основан на методологии «стадий-ворот» (Gate) [Куликов и др., 2019; Loginovskiy O.V. et al., 2020]. Гейты расставляются для реализации проекта в технической части и в его бизнес-составляющей: на каждом этапе-стадии прорабатывается концепция изделия (в виде инженерной записки, аванпроекта или эскизного проекта и др.) и выполняются организационно-финансовые мероприятия. Решение о «закрытии» ворот обосновывается. Так, для гейта создания научно-технического задела это означает: прогноз достижимости характеристик, наличие необходимых финансирования, приборной базы и кадров, результатов поисковых НИР, паспортов разработанных технологий, средств автоматизации и нормативной документации, расчетов рисков, моделей верификации, валидации. По варианту ворот в авиастроении создаются двигатель ПД-14, широкофюзеляжный самолет CR-929 и др. «Гейтовая» система используется для управления всем жизненным циклом (ЖЦ) высокотехнологичных продуктов. На стадиях создания задела она соответствует 1-му виду динамики 6-го уклада (Зарождение волны на рис. 1), начавшемуся в 2010-х гг.

При создании опережающего задела инновационный принцип проявляется в *концептуальном проектировании*. Оно формирует системные основы макета продукта и черновые варианты компонентов, позволяет проверить возможности имеющихся технологий, оценить узкие места, получить нужный результат в установленные сроки [Клюшников, Романов, 2019; Parsons M.G., 2009]. При изменении требований заказчика допустима полная корректировка. Для решения технических проблем применяются методы иерархичности, декомпозиции и формализации, используются большие базы знаний, lean-принципы. Выделяют разные этапы концептуального проектирования: выполнение НИР – разработка концептуального проекта и технического задания на продукт – эскизный проект – технический проект – рабочий проект и т. д. Концептуальное проектирование ограничено решением проблем только на начальных стадиях ЖЦ и может соответствовать 1-му или 2-му виду динамики 6-го уклада (Зарождение или Внедрение волны на рис. 1).

Инновационный подход представлен в варианте на основе оценки *уровней готовности технологий* (УГТ) [Алёшин, 2010]. На начальных этапах исследование ведётся без привязки к конкретному изделию (этим данная система отличается от концептуального проектирования: уменьшаются риски неэффективного использования ресурсов, но снижается результативность из-за возможности предложить произведённый задел иному покупателю, не достигнув запланированной цели). Решение о создании изделия принимается, когда модель или прототип демонстрирует реализуемость и эффективность технологий. После фиксации *результатов интеллектуальной деятельности* (РИД) должно закончиться госбюджетное финансирование, и – в соответствии с требованиями *Всемирной торговой организации* (ВТО) – на следующих этапах разработка идёт на коммерческой основе. Наличие демонстратора еще не гарантирует подтверждение достигнутых качеств на уровне производства, испытаний и эксплуатации. Незначительные, не учитываемые или незаданные параметры (сложность изготовления, отсутствие дешёвых конструкционных материалов для реализации, вес и др.) могут на последующих этапах полностью отменить все ранее достигнутые успехи. На высоких УГТ большое значение имеет привязка к уровням готовности производства.

Система управления ИиР на основе УГТ нуждается в оптимизации по времени и ресурсам, в наличии подсистемы развития потенциала прикладной науки. В ней, как сложной организации, должны иметься компоненты систем создания технологий предыдущих укладов (согласно закономерностям развития), учитываться многообразие внешних процессов и факторов. При внедрении Системы желательна унификация и формализация процедур получения сложного результата. Но универсализм возможен локально, на отдельных подпроцессах, остальные останутся творческими, интуитивными действиями [Крутов, 2015]. Инновационная система создания научно-технического задела соответствует 2-му виду динамики 6-го уклада (Внедрение волны на рис. 1), по Глазьеву.

Комплексная система управления исследованиями и разработками

Для создания продукта с заданными свойствами на основе подтвержденного УГТ необходима организационно-техническая система управления ИиР. Одни из её задач – заблаговременное решение проблем удорожания стоимости создания, затягивания сроков, недостижения требуемых характеристик.

В версии, представленной НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», она называется *Комплексная система управления научными исследованиями и разработками* (КСУ НИР) [Клочков В.В. и др., 2019]. КСУ НИР задумывалась как инструмент создания новых технологий для задач разных уровней: от транспорта и обороны в масштабах всей страны до компонентов наукоёмкой продукции. В виде, представленном на рис. 2 [Управление научно-технологическим развитием: 73], эта система предполагает интегрированное прогнозирование и стратегическое планирование научно-технологического развития, а также разделение формирования требований и прогнозирования технологических возможностей; централизованное планирование работ, проектов и их ресурсного обеспечения по этапам реализации.

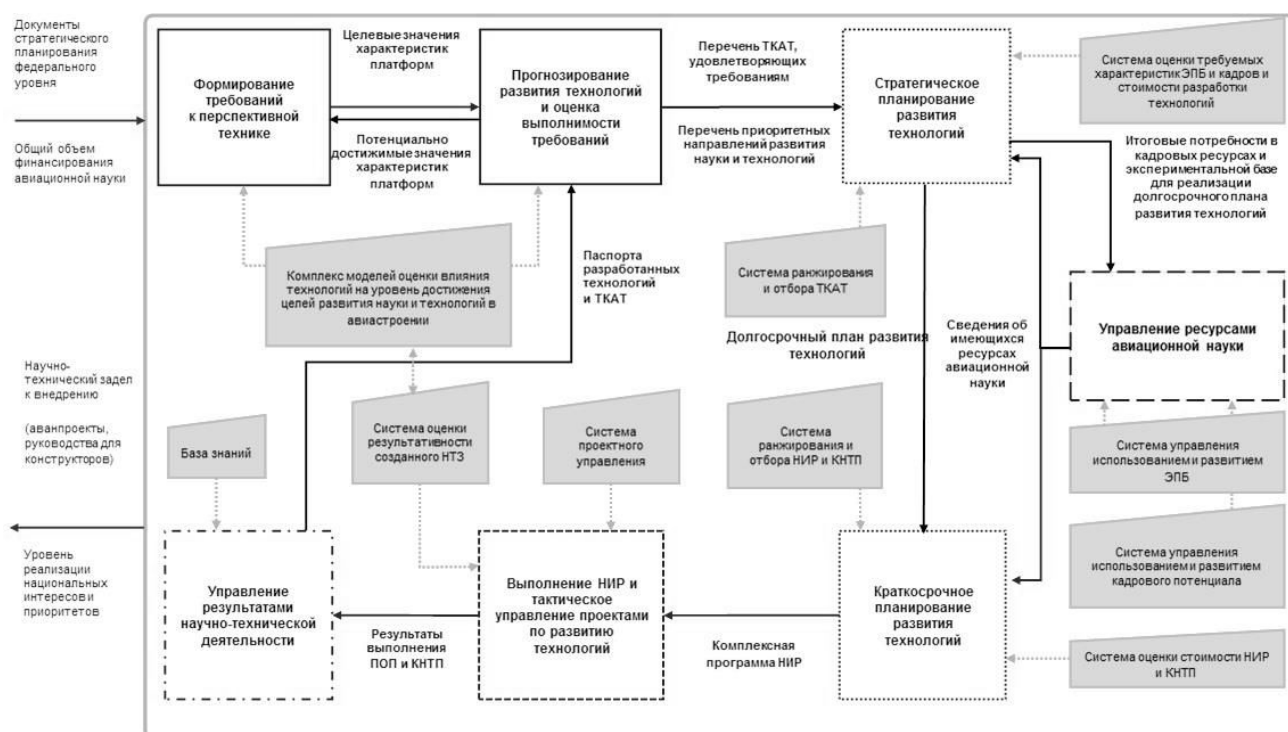


Рис. 2. Система управления созданием научно-технического задела (на примере авиастроения)

Fig. 2. The management system for the creation of a scientific and technical reserve (for example, aircraft manufacturing)

КСУ НИР, как подсистема системы более высокого уровня, должна отвечать требованиям гибкости к разным ИиР; адаптации к возможностям и стратегиям развития производства, сбыта, эксплуатации, ремонта и совершенствования уже создаваемой продукции; способности планировать опережающее развитие ресурсов отраслевой науки с учетом роста потенциала промышленности и изменения запросов эксплуатантов.

Успешное функционирование КСУ НИР в масштабах отрасли предполагает наличие относительно длительной стабильности внешних условий (постоянства набора требований заказчика, достаточности времени и финансирования) и внутренних (своевременных поступлений новых РИД фундаментальной науки, необходимой экспериментальной базы и кадров, объективности ранжирования и отбора НИР, оценки стоимостей разработки технологий и т. д.). Кроме того, желательна возможность диверсификации и интеграции работ в рамках близких НИР в разных отраслях. Необходимо взаимодействие фундаментальной и

отраслевой наук для расширения требуемой базы знаний, запроса на фундаментальные исследования и снижения риска отрицательного результата.

Внедрение КСУ НИР потребует соответствующих методик и программ проведения процесса, стандартов организации, регулирующих внедрение системы; апробированных технологий информационно-аналитического обеспечения проектного управления, мониторинга исследований на базе созданного макета Системы.

Сейчас КСУ НИР (в виде рис. 2) построена для создания задела от УГТ-1 до УГТ-6 (что соответствует понятиям: «сформулирована и обоснована идея решения проблемы» – «доказана реализуемость и эффективность технологий в реальных условиях»). Переход на интегрированное проектирование и к проведению ОКР (от УГТ-7 до УГТ-9) должен научно сопровождаться. Логично использовать КСУ НИР, поскольку на этапах конструирования и изготовления, испытаний появляются новые требования и проблемы. В результате утверждённое решение может оказаться не оптимальным и потребуются возвратиться на предыдущие этапы на основе уточненных данных.

Классификация ИиР по применимости к системам создания наукоёмкой продукции

Способы и особенности реализации принципов управления созданием высокотехнологичных продуктов позволяют классифицировать ИиР.

К первой группе можно отнести виды ИиР, которые требуют существенной доработки и детализации существующих (гейтовой системы, КСУ НИР) или изобретения иных систем создания научно-технического задела, поскольку важны и критичны для страны, политически значимы. Они обеспечивают:

- реализацию целей и концепций народнохозяйственного масштаба, высшего государственного уровня; они обоснованы объективными закономерностями развития страны, отвечают стратегиям развития отраслей и текущим задачам общества и государства. Для них нужно совершенствовать КСУ НИР;

- переход на 6-й технологический уровень, предполагающий новое качество работы с информацией, расширение пространства и объема коммуникаций, модернизацию информационно-управленческих технологий. Для реализации ИиР подходят КСУ НИР, частично гейтовая система;

- политическую необходимость создания продукции (при наличии санкций, внешних угроз государству, мирового кризиса) или дефицита ресурсов науки (экспериментальной базы, методов и средств исследований, кадрового потенциала). ИиР обеспечиваются усовершенствованными системами, основанными на инновационном принципе.

Ко второй группе можно отнести те ИиР, которые можно проводить на вышеперечисленной и другой практике создания задела. Следует выделить следующие подгруппы:

1. по масштабности уровня ИиР (во времени, по территории страны или по отраслям):

- высшего. Это стратегический масштаб, охватывающий длительный срок (до 15 лет), всю страну, имеющий общеэкономический характер. Проведению таких ИиР соответствует КСУ НИР (см. рис. 2);

- низшего – для достижения тактических целей в краткосрочный (до 5 лет) период на региональном или внутриотраслевом уровне. Для ИиР используются все системы;

- среднего (промежуточного) масштаба. Соответственно охвату, ИиР реализуются, к примеру, в связке предприятий разных отраслей (промышленности, транспорте – Трансмашхолдинг, РЖД и РОСНАНО в создании гибридных локомотивов) или субъектов международной деятельности (в проекте самолета CR-929 – ОАК и COMAC; в создании и выпуске высокоскоростного подвижного состава – РЖД, China Railway, Группой Синара и CRRC) и др. В реализации ИиР можно использовать гейтовую систему, а КСУ НИР поэтапно, отдельными подсистемами, подпроцессами;

2. по охвату исследованиями стадий и этапов ЖЦ техники:

- широкого охвата – от идеи образца до эксплуатационного обслуживания и утилизации. Для ИиР предпочтительнее использовать гейтовую систему;

- узкого охвата – по отдельным стадиям: а) при разработке научно-технического задела перспективного образца можно использовать гейтовую систему, КСУ НИР, концептуальное проектирование; б) при научно-технологическом сопровождении на этапах конструирования-производства либо эксплуатации подходит гейтовая система;

- нетипичные – на разных этапах при наличии незадействованных ресурсов (времени, экспериментальной базы и кадров, финансов), для решения конкретных задач, некритичных к конечному результату и без принятия стандартов организации. Для таких ИиР можно использовать гейтовую систему, отдельные элементы КСУ НИР;

3. по степени сложности задач:

- непредсказуемо-сложные ИиР – в разработках, связанных с высокими рисками и неопределенностью и требующих параллельного проведения поисковых НИР и комплексных проектов (по разным, но взаимоувязанным направлениям-платформам). Возможно использование КСУ НИР, гейтовой системы;

- корреляционно-сложные – в разработках при возникновении трудностей с зарубежными, стратегическими партнерами или в быстроменяющейся ситуации (бум открытий, частая смена требований заказчика и др.), при необходимости оперативно применять системы конструкторского и инновационного принципов. Можно использовать подсистемы КСУ НИР: стратегического планирования развития технологий, управления ресурсами отраслевой науки, краткосрочного планирования (см. рис. 2);

- несложные ИиР – при решении типичных задач с хорошо прогнозируемыми результатами. Применяются все виды систем создания научно-технического задела на основе конструкторского принципа;

4. по типу хозяйствования, влияющего на особенности проведения ИиР:

- «рыночные»: при создании продуктов, положение и статус которых неурегулирован (криптовалюта, виртуальные и интернет-продукты, робототехника, воздушные такси и грузовые перевозки). ИиР характеризуется: множеством неопытных участников, отсутствием устоявшихся правил взаимоотношений и четких граничных условий, несогласованностью действий, оригинальностью решений и отсутствием конкретной государственной политики. Доминирует инновационный подход; наиболее предпочтительно концептуальное проектирование, частично – КСУ НИР, гейтовая система;

- государственно-организованные: при создании продуктов в зарегулированной среде (новые модификации и разновидности продуктов, товары длительного спроса или массового производства, или, наоборот, изделия, предназначенные для использования в условиях высоких рисков, военная и специальная техника, разработки на апробированной технологической базе). ИиР характеризуются: ограниченным числом профессиональных участников, предписанными правилами взаимоотношений и стандартизованными граничными условиями, формализованными действиями, отработанными на моделях решениями, целенаправленной государственной политикой. Доминирует конструкторский подход; предпочтительнее КСУ НИР, гейтовая система, а частично – концептуальное проектирование;

- смешанного типа – при частичном наличии элементов предыдущих видов подгруппы. ИиР, как правило, реализуют цели «средней» государственной значимости, например, в проектах по реорганизации работ в крупных научно-производственных госкорпорациях или НИИ, которые ведут себя и как рыночные хозяйствующие субъекты, и как исполнители, выступающие по поручению государства. Особенности ИиР такого типа – поэтапное частичное распространение с использованием подсистем и подпроцессов КСУ НИР.

5. по источнику финансирования:

- государственное – в прикладных и в поисковых научных исследованиях, сделанных по госзаданию в соответствии с требованиями заказчика; принимаются экспертным советом. Такие ИиР считаются рискованными, затратными или противоречат рыночным установкам, поэтому их коммерческое финансирование маловероятно. Предпочтительно применение КСУ НИР и систем, основанных на конструкторском принципе;

- коммерческое (привлеченное) финансирование ИиР – в прикладных научных исследованиях, направленных на получение, применение новых знаний для обеспечения функционирования техники, производства и финансов, решения разных проблем, извлечения пользы (РИД, прибыли, освоения новых рынков, товаров, развития бизнеса), не нарушая норм и правил. Предпочтительно применение систем инновационного принципа.

Выводы и предложения

1. Эксплуатируемая техника разрабатывалась при 5-м технологическом укладе, в ближайшее время будут нужны изделия 6-го уклада. Для производства наукоёмкой продукции требуются специальные системы управления созданием постоянно возобновляемого научно-технического задела (НТЗ). Они основаны на «инвестициях»: новой организации, планировании и инновационном принципе, обновленных экспериментальной базе и кадрах. Эти системы управления обеспечиваются передовыми производствами текущего 5-го уклада за счет потенциала существующих систем. К последним можно отнести гейтовую систему, концептуальное проектирование и др., а также разрабатываемую Комплексную систему управления научными исследованиями и разработками (КСУ НИР).

2. Система инновационного управления исследованиями и разработками (ИиР) на основе оценки уровней готовности технологий перспективна, но не доработана в части особенностей создаваемого НТЗ. Требуется определить её пределы и возможности, адаптировать к конкретным типам ИиР, стандартизировать процессы. В частности, версия КСУ НИР должна научно-технологически сопровождать жизненный цикл изделия, включая кооперацию отраслевой науки с производством и эксплуатацией. Внедрение Системы поможет обеспечить синергетический эффект использования новых технологий, разработанных автономно.

3. КСУ НИР может играть *ведущую* роль в проектах, обусловленных экономико-технологическими и политическими потребностями, дефицитом ресурсов науки. Пример ИиР в авиастроении: разработка полностью электрического самолета, летающего крыла, сверхзвуковых гражданских летательных аппаратов (ЛА). Роль *соучастника* проектов КСУ НИР играет при быстроменяющихся ситуациях, реорганизации работ в корпорациях, в комплексных ИиР. Например: разработки новых беспилотных ЛА, специальных транспортных средств, проекты по испытаниям, подготовке к серийному производству авиатехники.

Перспективны доработки компонентов КСУ НИР для создания технологий, применяемых *повсеместно* (для получения перспективных материалов, узлов, комплексов, результатов интеллектуальной деятельности (РИД)) или в *отрасли* (с учетом имеющихся традиций, и процедур, территориальной и коммуникативной специфики, структурных взаимоотношений и др.). Примерами ИиР могут быть: проработка сертифицированных композитных материалов, двигательных установок на сверхпроводниках, систем бортового кондиционирования; разработки подсистем полностью электрического самолета, гибридного поршневого двигателя.

4. При *государственном* финансировании значимых ИиР (например, программы «Сверхзвук» ЦАГИ) до УГТ-6 создаются РИД. По мере их использования в дальнейших разработках на коммерческой основе и в трансфере в реальный сектор экономики возрастают собственный спрос на новые технологии и инвестиционный ресурс (из самонакопленного научного задела). Это соответствует переходу к 6-му укладу (см. рис. 1). На ресурсе запускаются собственные ИиР в интересах развития платформ и концепций (например, для уточнения параметров Прогноза научно-технологического развития авиастроения).

Привлечённое финансирование ИиР обеспечит развитие кластера базовых нововведений 5-го уклада на собственной технико-организационной основе. Можно доработать соответствующую подсистему прогнозирования КСУ НИР (см. рис. 2), включив прогнозирования развития производственных технологий и достижимых характеристик оборудования, приспособлений, оснастки.

КСУ НИР имеет потенциал развития, реализуемый в зависимости от источников инвестирования и видов ИиР.



Список литературы

1. Алёшин Б.С. 2010. О новой концепции организации научных работ. Новости ЦАГИ, 5: 4–6.
2. Борисенков И.Л. и др., 2020. Создание опережающего научно-технического задела для перспективного вооружения. Известия Института инженерной физики, 1 (55): 100–110.
3. Борисов Ю.И. 2017. Особый задел. Военно-промышленный курьер. № 9 (673). URL: <https://www.vpk-news.ru/articles/35468> (дата обращения 01.03.2020).
4. Брутян М.М. 2018. Элементы новой системы управления научными исследованиями и разработками в авиастроении. Вестник Евразийской науки, 3. URL: <https://esj.today/PDF/83ECVN318.pdf> (дата обращения 01.03.2020).
5. Глазьев С.Ю. 2010. Учет смены технологических укладов при реализации стратегии партнерства цивилизаций. Материалы к IV Цивилизационному форуму в Шанхае «Перспективы развития и стратегия партнерства цивилизаций». М.: ИНЭС. 315.
6. Ключков В.В. и др. 2019. Институциональные проблемы управления изменениями в прикладной науке. Дружковский вестник, 3: 120–133.
7. Ключников В.Ю., Романов А.А. 2019. Концептуальное проектирование космических систем на основе lean-принципов. Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. Т. 6, 3: 42–56.
8. Крутов А.В. 2015. Теория развития: связь философского и междисциплинарного подходов и ее математический аспект. Вестник Пермского университета (Философия. Психология. Социология). 4: 39–49.
9. Куликов Г.Г. и др. 2019. Гейтовая система формирования цифрового двойника при проектировании и производстве авиационного газотурбинного двигателя. В сб: Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике. Пенза, ПГУ: 162–165.
10. Леонов А.В., Пронин А.Ю. 2018. Методология управления созданием высокотехнологичной продукции на этапах формирования научно-технического задела. Национальные интересы: приоритеты и безопасность. Т. 14, 2 (359): 200–220.
11. Муракаев И.М. и др. 2019. К инновациям через трансформацию и реинжиниринг рисков, собственности, систем управления, НИОКР. М., 484.
12. Сливичкий А.Б. 2018. Обзор проблемных вопросов развития системы оценки уровня готовности технологий. Проблемы управления научными исследованиями и разработками – 2018: Труды Четвертой научно-практической конференции, 26.11.2018, Москва; под общ. ред. Дутова А.В., Новикова Д.А. М.: ИПУ РАН, НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского»: 108–126.
13. Управление научно-технологическим развитием высокотехнологичной промышленности: проблемы и решения. Под ред. А.В. Дутова и В.В. Ключкова. М.: НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2019.
14. Филин С.А. 2014. Концепция технико-научно-технологических циклов. Региональная экономика: теория и практика, 5 (372): 29–45.
15. Loginovskiy O.V. et al., 2020. Application of bi-principles in the gate project management system to create a digital twin of the GTE. Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Komp'juternye tehnologii, upravlenie, radioelektronika, 20 (1): 16–26.
16. Mazurkiewicz A. et al., 2013. Operational system for the assessment of the implementation maturity level of technical innovations. Maintenance Problems, 4: 79–92.
17. Nayak A. et al., 2016. Resource sharing in cyber-physical systems: modelling framework and case studies. International Journal of Production Research, 54 (23): 6969–6983.
18. Parsons M.G., 2009. Applications of Optimization in Early Stage Ship Design. Ship Science & Technology, July, 5 (1): 7–29.
19. Weyer S. et al., 2015. Towards Industry 4.0 – Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. Proceedings of IFAC-PapersOnLine, 48 (3): 579–584.
20. Zatsman I. M. et al., 2017. Indicator evaluation of processes of knowledge transfer from science to technology. Informatika i ejo primenenija, 11 (3): 132–141.

References

1. Aleshin B.S. 2010. About the new concept of the organization of scientific works. Novosti CAGI, 5: 4–6. (in Russian)
2. Borisenkov I.L. et al., 2020. Creating a leading scientific and technical reserve for promising weapons. Izvestija Instituta inzhenernoj fiziki, 1 (55): 100–110. (in Russian)

3. Borisov Yu.I., Falichev O. 2017. A special backlog. *Voenno-promyshlennyy kur'er*. № 9 (673). URL: <https://www.vpk-news.ru/articles/35468> (accessed 01.03.2020).
4. Brutyan M.M. 2018. Elements of the new management system of research and development in aircraft industry. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3. Available at: <https://esj.today/PDF/83ECVN318.pdf> (accessed 01.03.2020). (in Russian)
5. Glazyev S.Yu. 2010. Taking into account the change in technological patterns in the implementation of the partnership strategy of civilizations. *Materials for the IV Civilization Forum in Shanghai "Development Prospects and Partnership Strategy of Civilizations"*. M.: INES. 315. (in Russian)
6. Klochkov V.V. et al. 2019. Institutional problems of change management in applied science. *Drukerovskiy vestnik*, 3: 120–133. (in Russian)
7. Klyushnikov V.Yu., Romanov A.A. 2019. Conceptual design of space systems based on lean-principles. *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informacionnye sistemy*. T. 6, 3: 42–56. (in Russian)
8. Krutov A.V., 2015. Development theory: the relationship of philosophical and interdisciplinary approaches and its mathematical aspect. *Bulletin of Perm University. (Philosophy. Psychology. Sociology)*. 4: 39–49. (in Russian)
9. Kulikov G.G. et al., 2019. A gate system for the formation of a digital twin in the design and manufacture of an aircraft gas turbine engine. *Sat: Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, jekonomike i tehnike*. Penza, PGU: 162–165. (in Russian)
10. Leonov A.V., Pronin A.Yu. 2018. Management methodology for the creation of high-tech products at the stages of the formation of a scientific and technical reserve. *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'*. T. 14, 2 (359): 200–220. (in Russian)
11. Murakaev I.M. et al. 2019. Toward innovation through the transformation and reengineering of risks, property, management systems, R&D. M., 484. (in Russian)
12. Slivitsky A.B. 2018. Overview of the problematic issues of the development of a technology readiness assessment system. 2018 R&D. In: *Management Problems: Proceedings of the Fourth Scientific and Practical Conference, 11/26/2018, Moscow; under the general. ed. Dutova A.V., Novikova D.A. M.: IPU RAN, NIC «Institut im. N.E. Zhukovskogo»*: 108–126. (in Russian)
13. Management of scientific and technological development of high-tech industry: problems and solutions. Ed. A.V. Dutova and V.V. Klovskova. M.: NIC «Institut im. N.E. Zhukovskogo», 2019. (in Russian)
14. Filin S.A. 2014. The concept of technical, scientific and technological cycles. *Regional'naja jekonomika: teorija i praktika*, 5 (372): 29–45. (in Russian)
15. Loginovskiy O.V. et al., 2020. Application of bi-principles in the gate project management system to create a digital twin of the GTE. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника*, 20 (1): 16–26. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Komp'yuternye tehnologii, upravlenie, radiojelektronika*, 20 (1): 16–26.
16. Mazurkiewicz A. et al., 2013. Operational system for the assessment of the implementation maturity level of technical innovations. *Maintenance Problems*, 4: 79–92.
17. Nayak A. et al., 2016. Resource sharing in cyber-physical systems: modelling framework and case studies. *International Journal of Production Research*, 54 (23): 6969–6983.
18. Parsons M.G., 2009. Applications of Optimization in Early Stage Ship Design. *Ship Science & Technology*, July, 5 (1): 7–29.
19. Weyer S. et al., 2015. Towards Industry 4.0 – Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *Proceedings of IFAC-PapersOnLine*, 48 (3): 579–584.
20. Zatsman I. M. et al., 2017. Indicator evaluation of processes of knowledge transfer from science to technology. *Informatika i ejo primenenija*, 11 (3): 132–141.

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Крутов А.В. 2020. О связи управления созданием научного задела и групп разработок. *Экономика. Информатика*. 47 (2): 264–273. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-264-273.

Krutov A.V. 2020. On the relationship of management of creation of a scientific reserve and development groups. *Economics. Information technologies*. 47 (2): 264–273 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-264-273.



УДК 338

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-274-287

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИЙ В РИТЕЙЛЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТОИМОСТЬ КОМПАНИИ

INNOVATIONS IMPLEMENTATION IN RETAIL AND ITS IMPACT ON A COMPANY VALUE

Л.Ю. Ласкина¹, Л.В. Силакова¹, А.М. Варакса²
L.Yu. Laskina¹, L.V. Silakova¹, A.M. Varaksa²

¹) Университет ИТМО

Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

²) Новосибирский государственный университет экономики и управления
Россия, 630099, Новосибирск, ул. Красный проспект, 35

¹) Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics
49 Kronverksky Prospekt, St. Petersburg, 197101, Russia

²) Novosibirsk state University of Economics and management
35 Red Avenue St, Novosibirsk, 630099, Russia

E-mail: risk05@mail.ru, silevery@yandex.ru, anny.v@rambler.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема оценки влияния использования современных технологий в сфере ритейла на увеличение стоимости компаний. Проводится классификация новых технологий в сфере ритейла. Анализируется и выявляется влияние применения новых технологий на такие показатели эффективности компаний, как рост товарооборота, рост прибыли и объема продаж, снижение складских, логистических и коммерческих затрат, увеличение производительности, уменьшение товарных запасов и, как следствие, повышение ликвидности и увеличение денежных потоков компании. Проводится анализ и оценка инновационного проекта по внедрению Big Data в деятельности ритейла с использованием метода прогнозирования и дисконтирования денежных потоков. Проведенное исследование позволило выявить положительную зависимость между применением новых технологий и стоимостью компании.

Abstract

The article considers the problem of assessing the impact of the use of modern technologies in the retail sector on the increase in the value of companies. The classification of new technologies in the field of retail is carried out. It analyzes and reveals the impact of the use of new technologies on such performance indicators of companies as growth in turnover, growth in profit and sales, decrease in warehouse, logistics and commercial costs, increase in productivity, decrease in inventories and, as a result, increase in liquidity and increase in cash flows of the company. The analysis and evaluation of an innovative project to introduce Big Data in retail activities using the method of forecasting and discounting cash flows is carried out. The study revealed a positive relationship between the use of new technologies and the value of the company.

Ключевые слова: инновации в ритейле, большие данные, электронная коммерция, стоимость компании, денежные потоки.

Keywords: retail innovation, big data, e-commerce, company value, cash flows.

Введение

Быстрое технологическое развитие влияет на активизацию развития и использования новых технологий в бизнесе. Согласно мнению специалистов Nielsen, существует два фактора, влияющих на изменения в сфере ритейла – это поведение потребителя и технологии.

В настоящее время написано много аналитических статей и исследований, посвященных инновационным технологиям в ритейле [Львова, 2015]. Также имеются теоретические работы по влиянию инноваций на стоимость бизнеса, а также применительно к сфере информационных технологий, нефтегазовой отрасли. Однако в исследованиях недостаточное внимание уделяется выявлению влияния применения современных технологий на стоимость компании в сфере розничной торговли.

Объекты и методы исследования

Объектом данного исследования являются инновации в сфере ритейла.

Основными трендами в области инноваций в ритейле являются обновление инфраструктуры, использование больших данных и машинного обучения, а также введение новых форм оплаты. Наблюдается переход к более индивидуализированному подходу к покупателям, в чем помогают новые технологии [Будущее наступило: как «умные» технологии влияют на ритейл, 2018]. В целом рынок инноваций в розничной торговле можно поделить на пять больших групп:

1) технологии больших данных (Big Data), искусственного интеллекта (AI), системы видеоаналитики и компьютерного зрения (OSA, OOS) [Котик...2016];

2) инновационные форматы магазинов;

3) технологии виртуальной и дополненной реальности (VR, AR);

4) технологии автоматизации бизнес-процессов;

5) электронная коммерция.

Исследование проведено на основе анализа научных работ и публикаций в сфере инновационных технологий в сфере ритейла с использованием метода дедукции, сравнения. С применением метода дисконтирования денежных потоков проведена оценка внедрения инноваций на стоимость компании.

Результаты и их обсуждение

Проведенный анализ позволил выявить эффекты от внедрения инноваций в сфере ритейла, а также на примере инновационного проекта показать влияние внедрения одной из инновационных технологий на стоимость компании.

Характеристика представленных групп инноваций с указанием сферы их применения, а также эффект от внедрения той или иной инновации представлены в таблице 1.

Участниками рынка больших данных являются: поставщики инфраструктуры, предоставляющие программное обеспечение для хранения и обработки данных (SAP, Oracle, IBM), компании, специализирующиеся на создании алгоритмов для управления данными, системные интеграторы – компании, занимающиеся внедрением системы анализа данных (КРОК, Техносерв, Softline), потребители, разработчики готовых сервисов [Соколова, 2015]. Данные технологии требуют очень больших инвестиций, в связи с чем позволить себе их могут только крупные компании.

Таблица 1
Table 1

Группы инноваций в сфере ритейла
Innovation groups in the retail companies

Технология	Сфера применения	Эффект
Big Data	- хранение и обработка данных; - предсказание поведения потребителей.	- увеличение лояльности клиентов; - сокращение издержек на маркетинг; - повышение вероятности продаж; - дополнительно 7 % дохода за выбранный промежуток времени [«Инфосистемы Джет» разработала систему предсказания, 2018].



Продолжение табл. 1

Технология	Сфера применения	Эффект
AI – искусственный интеллект	- совершенствование существующих продуктов, делающее их интеллектуальными; - проведение глубокого и эффективного анализа информации; - автоматизация и оптимизация процессов; - предсказание поведения потребителей; - создание индивидуализированных предложений для клиентов согласно их предпочтениям (в том числе при помощи чат-ботов); - сегментация клиентов; - выкладка товаров в магазинах; - обеспечение безопасности и контроля.	- увеличение выручки от 1 % до 5 % [Искусственный интеллект для ритейла..., 2018]; - рост маржинальности на 2–10 %; - увеличение цикла жизни клиента на 2 %; - рост среднего чека на 50 % [X5 Retail Group дал маркетингу искусственный интеллект, 2017].
Системы видеоаналитики и компьютерного зрения: -OSA – доступность товаров на полке; - OOS (Out-Of-Stock) отсутствие товаров на полке.	- контроль выкладки товаров путем внедрения системы видеоаналитики и компьютерного зрения; - анализ очередей у касс; - защита от краж.	- увеличение товарооборота на 2–5 % [«Инфосистемы Джет» и Intelligence Retail, 2018]; - уменьшение количества людей, ушедших из магазина без покупок на 10 %; - сокращение потерь магазина на 20 %.
Технологии виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности.	- проведение промоакции; - в области обучения сотрудников (моделирование возникающих при рабочем процессе ситуаций); - для визуализации и презентации товаров потребителям.	- рост товарооборота сети на 3 % и более; - увеличение объемов товаров, участвующих в акции, от 50 % до 500 %; - доля присутствия товаров-участников акции в чеке составила около 17 % [Приложение «Смотри, динозавры!», 2020]; - сокращение расходов на обучение работников; - повышение эффективности обучения [Мазлоев, 2018]; - увеличение уровня сервиса относительно выбранных групп товаров на 4 %; - рост производительности труда на 8 % [X5 Retail Group будет обучать, 2019].
Инновационные форматы магазинов А) автономные магазины; Б) магазин без покупателей; В) магазин-лаборатория.	А) для совершения покупки в отсутствие продавцов и касс; Б) для сбора интернет-заказов, доступ в который имеется только для сотрудников; В) проведение тестирования инноваций.	А) - снижение затрат на оплату труда персонала; - ускорение и упрощение процесса покупки; - рост прибыли на 50 % [Иванов, 2019]; Б) повышение мощности онлайн-магазина в 3,5 раза; В) оптимизация затрат на электроэнергию на 15 % [Карасева, 2018].

Окончание табл. 1

Технология	Сфера применения	Эффект
Автоматизация и оптимизация процессов А) инновационная доставка товаров; Б) электронные ценники; В) RFID-метка; Г) технология самостоятельного сканирования товаров; Д) Beacon-маячки.	А) Автоматизация процессов покупки товаров, логистики, взаимодействия с покупателями (Pooling);	А) - снижение затрат на доставку грузов; - уменьшение товарных запасов на 8 %; - уменьшение потока транспортных средств на 14 %, [Магнит» внедрил новую схему поставок..., 2018]; - сокращение сроков доставки товаров на 10 %.
	Б) проведение изменения цен в реальном времени;	Б) сокращение издержек в связи с отсутствием необходимости печатать цены на бумаге; - снижение риска возникновения ошибок при смене ценников; - увеличение товарооборота на 3–5 % [Щербакова, 2018].
	В) - слежение за объектом, к которому он прикреплен, - для маркировки товаров, - оптимизация товарооборота - в логистике: отслеживание перемещения товара, сокращение времени проведения инвентаризации, увеличение ее эффективности; - защита магазина от краж.	В) оптимизация расходов компании - увеличение объемов продаж сети на 11,5 %; - снижение объема товарных потерь на 9 % [Decathlon увеличивает продажи, 2016].
	Г) при покупке товаров	Г) чек покупателей при применении данной технологии на 77 % выше среднего чека магазина [«Перекрёсток» выпустил мобильное приложение для покупок, 2019].
	Д) при взаимодействии с потенциальными покупателями при использовании Bluetooth и мобильного приложения магазина; - собирать данные о посетителях; - доведение информации об акциях.	Д) 70 % посетителей, получивших рекламу через приложение, совершили покупки, посещения магазина при применении мобильной рекламы на основе местоположения посетителя увеличивается на 75 % [Ждет ли нас новый бум iBeacon, 2016].
Интернет-торговля	продажи осуществляются через социальные сети; - позволяет клиенту самому выбрать канал совершения покупки	позволяет увеличить выручку больше чем на 2 %, сократить сроки доставки, увеличить пропускную способность склада на 40 %, сократить складские расходы на 20 % экономия на создании сайта [Осипов, 2018].

Искусственный интеллект (AI) позволяет совершенствовать существующие продукты, делая их интеллектуальными, проводить глубокий и эффективный анализ информации, автоматизировать и оптимизировать процессы. Согласно публикации KPMG к 2020 году, примерно 85 % сделок будет происходить с применением искусственного интеллекта [Кру, 2018].

В розничной торговле существуют такие понятия как OSA (On-Shelf Availability), что означает доступность товаров на полке и OOS (Out-Of-Stock) – термин, обозначающий отсутствие товара на полке [Котик, 2016]. Компания «X5 Retail Group» внедряет системы



видеоаналитики и компьютерного зрения для контроля выкладки товаров в магазинах. Технология работает следующим образом: система обрабатывает фотографии стеллажей в течение нескольких секунд, после чего пользователь получает отчеты, в которых отображается информация о состоянии полок с товарами, к примеру, соответствие выкладки продуктов плануграмме.

В условиях быстрого развития технического прогресса под влиянием инноваций меняются не только основные процессы в работе ритейлеров, но и появляются новые форматы магазинов. *Автономные магазины* – один из современных форматов в ритейле, суть которых заключается в отсутствии продавцов и касс. Примером такого формата являются магазины Amazon Go. Посетителю автоматизированного магазина Amazon Go для совершения покупки необходимо установить на свой смартфон приложение и отсканировать на входе в магазин индивидуальный штрих-код из данного приложения. Чтобы определить, какие товары покупатель взял или, если передумал, обратно поставил на полку, используются специальные датчики, сенсоры и камеры. Взятые посетителем продукты автоматически попадают в виртуальную корзину, при выходе из магазина стоимость покупки автоматически списывается с привязанной к приложению банковской карты покупателя. Подобные магазины позволяют снизить затраты на персонал и являются привлекательными для покупателя с точки зрения потребительского опыта, так как процесс покупки упрощается и ускоряется. Согласно подсчетам RBC Capital Markets, магазины Amazon Go приносят на 50 % больше прибыли, чем традиционные магазины [Иванов, 2019].

Современные технологии имеют сильное влияние на развитие отрасли розничной торговли и в настоящее время меняют ее привычный облик. Ритейлерам приходится довольно сложно, так как конкуренция обостряется, и для того, чтобы существовать на рынке, им необходимо своевременно вводить инновации в своей деятельности. Главные изменения в розничной торговле – это ее цифровая трансформация, изменение портрета потребителя, увеличение затрат ритейлеров на инновации.

Яркой тенденцией в отрасли розничной торговли является применение *технологий виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности*. Проблемы внедрения технологий VR И AR заключаются в высокой стоимости внедрения данных технологий, отсутствии четкой гарантии эффективности технологий, недостатке квалифицированных кадров [Мокеева, 2018].

VR-технологии начинают активно применяться в области обучения сотрудников. Подобное обучение имеет ряд преимуществ, с помощью данной технологии можно смоделировать возникающие при рабочем процессе ситуации, и таким образом позволяет сотрудникам тренироваться и отрабатывать навыки в безопасной обстановке, которая соответствует реальной. Также внедрение обучения с помощью технологии виртуальной реальности позволяет сократить расходы на обучение работников, повышается эффективность обучения [Мазлов, 2018].

Рассмотрим пример автоматизации целевого маркетинга в магазине «Перекресток». В ноябре 2017 компания «X5 Retail Group» автоматизировала целевой маркетинг в сети магазинов «Перекресток» при помощи внедрении технологии машинного обучения. Использование новых технологий позволяет проводить сегментацию клиентов, участвующих в программе лояльности «Клуб Перекресток», по их предпочтениям и далее создавать для них персонализированные предложения. Система учитывает такие факторы, как частота покупок, предпочитаемые товары, демографические факторы, оптимальный для покупателя уровень цен, а также выбирает наиболее эффективный способ связи с клиентом. Согласно итогам использования автоматизации целевого маркетинга, в 2018 году компания получила более 5 млрд рублей дополнительного оборота. Сумма покупок клиентов, получавших персонализированные предложения, составила 42 млрд рублей, что соответствует 16,3 % от выручки сети магазинов. Также применение новой технологии способствует увеличению среднего роста чека, по результатам некоторых маркетинговых кампаний, образованным с помощью системы, рост среднего чека достигал 50 % [Андреева, 2017].

К сфере цифровизации торговли относится активное развитие интернет-торговли, даже компании сферы продуктового ритейла начинают открывать свои интернет-магазины. Согласно данным АКИТ, объем рынка интернет-торговли в 2017 году составил 1,04 трлн рублей, это на 13 % больше, чем в прошлом году. На рис. 1 можно наблюдать рост рынка интернет-торговли в России и прогноз АКИТ на 2018 год. Невысокий рост в 2015 году объясняется снижением покупательной способности в связи с экономической ситуацией в стране в этот период. Торговля с помощью интернета в России составляет всего 3 %, когда Великобритании эта цифра составляет 18 % [Оборот российского рынка интернет-ритейла, 2018].

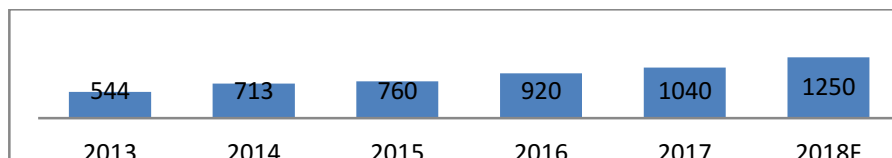


Рис. 1. Объем рынка интернет-торговли в России
Fig. 1. The volume of the online trading market in Russia

В России покупки преимущественно совершаются с помощью персональных компьютеров, однако покупки через мобильные телефоны растут, в 2017 году доля покупок через компьютеры составила 52,5 %, а через мобильные телефоны – 47,5 % [Мазлоев, 2018]. Также наблюдается такая тенденция как омниканальность – это интеграция онлайн и офлайн продаж, предоставление одинакового набора товаров и акций в обоих каналах.

Растут расходы компаний отрасли ритейла на инновации, инвестиции в новые технологии. На поиски инноваций и создание оптимальных бизнес-моделей уделяется много внимания. Так, компания «X5 Retail Group» активно инвестирует в новые технологии, в первом квартале 2018 года инвестиции составили 11 % от капитальных затрат [Годовой отчет X5 Retail Group, 2017]. В 2017 году компания стала сотрудничать с Фондом развития интернет-инициатив, ФРИИ создаст ритейл-трэк в акселераторе. Наиболее успешные стартапы «X5 Retail Group» будет тестировать в своих бизнес-процессах, данное сотрудничество поможет компании найти новые инновационные решения [ФРИИ и X5 Retail Group, 2017]. Также компания сотрудничает с фондом «Сколково» в области инноваций в ритейле. Компании помимо инвестирования в инновации для привлечения клиентов и увеличения продаж, активно вкладывают в автоматизацию бизнес-процессов. Компания «М.Видео» внедрила систему управления лояльностью на базе SAP CRM, программа позволила сократить время на обработку промоакций в пять раз [«М.Видео» в пять раз сократила время, 2016]. Ритейлер «X5 Retail Group» также использует современные технологии по автоматизации, так, в отчете компания указала, что обеспечивает постоянный рост системы SAP ERP до 2020 года.

Развиваются стартап-акселераторы в сфере розничной торговли. В сентябре 2018 года прошел стартап-акселератор, направленный на разработку сервисов в области машинного обучения и больших данных Фонда развития интернет-инициатив и компании «Леруа Мерлен». Инвестиции ФРИИ в прошедшие отбор стартапы составят от 2,5 до 25 млн руб. «Яндекс. Маркет» в партнерстве с GoTech также организовали конкурс стартапов в сфере ритейла.

Использование каждой технологии приносит свои эффекты, среди которых повышение объема продаж, повышение уровня лояльности потребителей, увеличение товарооборота, снижение затрат, увеличение производительности.

Инновационная деятельность является необходимой составляющей для компании, желающей увеличить свою стоимость, так как в рамках сложившейся действительности инновации являются важнейшим конкурентным преимуществом.

В силу того, что главной целью компании является увеличение ее стоимости, проанализируем, как повлияет внедрение тех или иных инноваций на стоимость компании. В основе одного из самых распространенных подходов оценки стоимости компании – доходного подхода – лежит модель дисконтированного денежного потока (DCF).



Проекты на основе Big Data и ИИ влияют на лояльность потребителей, что с точки зрения факторов стоимости влияет на рост нематериальных активов, а именно на рыночный капитал, так как идет улучшение репутации компании. Наблюдается влияние на снижение коммерческих издержек за счет автоматизации процессов маркетинга, также технология позволяет увеличить средний чек покупателей и побуждать их делать повторные покупки, что влияет на объем продаж. Повышается эффективность управления запасами магазинов, что ведет к росту продаж и снижению потерь и издержек.

Использование технологий виртуальной и дополненной реальности в розничной торговле позволяет увеличить объем продаж, товарооборот, так как данные технологии позволяют визуализировать товар или добавить развлекательную составляющую, что привлекает потребителей. Снижаются операционные расходы на проектирование помещений. Растет производительность труда, влияющая на объем продаж и сокращение себестоимости. Уменьшаются издержки на обучение персонала и увеличивается эффективность обучения, в связи с безопасностью и удобством применения технологии.

Инновационные форматы магазинов, относительно факторов стоимости, увеличивают объем продаж, повышают лояльность потребителя, создают привлекательность с точки зрения потребительского опыта, увеличивая рыночную привлекательность, отражающуюся на росте нематериальных активов, позволяют выбрать наиболее результативные решения. Формат dark store с автоматизацией работы склада и процесса сбора интернет-заказа, увеличивает производительность работы магазина, что сказывается на издержках и увеличении объема продаж. В полностью автоматизированных магазинах, в которых нет продавцов, снижаются издержки на персонал, повышается эффективность управления запасами, благодаря умным полкам.

Инновации, направленные на автоматизацию логистических процессов, позволяют уменьшить объем запасов и товарных потерь, сокращают затраты на логистику, уменьшая затраты на такой фактор как коммерческие затраты, сокращают время доставки продукции, что влияет на объем продаж. Применение автоматизированного процесса ценообразования влияет на рост товарооборота, что влияет на объем продаж и запасы, в связи с отсутствием изготовления бумажных ценников снижаются общехозяйственные и административные затраты и затраты на персонал. Использование RFID технологии влияет на фактор объема продаж, а снижение товарных потерь влияет на запасы. Автоматизация сканирования и оплаты товаров улучшает потребительский опыт, что приводит к росту продаж и имиджа компании. Использование маячков для автоматизации маркетинга позволяет увеличить объем продаж при помощи привлечения новых клиентов и роста частоты посещаемости магазина.

Относительно влияния инновационных процессов на факторы стоимости в интернет-торговле, то использование омниканальности сокращает сроки доставки товаров, делает покупку товаров более комфортным, что повышает объем продаж, сокращает складские расходы, уменьшая коммерческие затраты, увеличивает пропускную способность склада, что уменьшает товарные запасы. Применение социальных сетей для продаж позволяет увеличить объем продаж в связи с охватом большей аудитории и снизить общехозяйственные и административные затраты в связи с отсутствием необходимости создания сайта, однако данный канал больше применим для небольших магазинов. Внедрение чат-ботов в деятельность компании оптимизирует взаимодействие с клиентами и снижает издержки на персонал. Система Click&Collect увеличивает объем продаж в связи с удобством использования для потребителя, а также снижает затраты на персонал, расходы на логистику, влияя на фактор коммерческих затрат.

Больше всего эффектов, влияющих на стоимость, выражено в операционном денежном потоке. Ниже, на рис. 2, представлена схема, которая отражает, какими конкретно группами инноваций и какие изменения вызывают рост стоимости компании.

Таким образом, внедрение инновационного процесса может оказать комплексный эффект на факторы стоимости компании.



Рис. 2. Схема влияния различных групп инноваций на операционный денежный поток

Fig. 2. Diagram of the impact of various innovation groups on operating cash flow

Рассмотрим разработку инновационного проекта по внедрению технологии больших данных в компании «X5 Retail Group». Проект заключается в применении технологий больших данных и машинного обучения для создания персонализированного подхода к клиентам, а именно, это разработка решений, позволяющих создавать автоматизированные персональные предложения для покупателей, обладающих картами программы лояльности сети «Пятёрочка». Компания начала выпуск карт постоянного покупателя в 2017 году. На 2018 год владельцами данных карт стали более 28 000 000 человек [Гортинская, 2018]. Такое количество потенциальных данных о клиентах делает целесообразным внедрение технологии больших данных. В настоящий момент увеличение выручки и рост компании за счёт

расширения торговых площадей и инфляции становится все менее эффективным [Ищенко, 2018]. Также наблюдается падение темпов роста сопоставимых продаж, в третьем квартале 2017 года рост LFL составил 4,6 %, когда в 3 квартале 2018 года всего 0,5 % [Карасева, 2018]. В рамках жесткой конкуренции в отрасли розничной торговли нужны новые способы роста эффективности деятельности компании, поэтому компания пересматривает свою стратегию в пользу развития инноваций.

Для осуществления проекта требуется внедрение комплекса технологий для клиентской аналитики и осуществления персонализированного маркетинга. Необходимый комплекс инструментов позволяет получать информацию о клиентах, обрабатывать обезличенные данные, делить клиентов на сегменты, выявлять наиболее выгодные акции магазина, реализовывать индивидуализированные предложения для покупателей, также включены предсказательные аналитические модели. Происходит переход от массовых предложений к точечным коммуникациям с клиентами [Гортинская, 2018].

Результатом проекта должен стать рост выручки компании, увеличение конкурентоспособности, повышение эффективности акционных предложений, увеличение ценности для потребителей. Также существует возможность дальнейшего развития технологии больших данных и её использования в новых проектах.

Таким образом, всего сумма инвестиций на проект составляет 753,157 млн рублей.

После расчета необходимой суммы инвестиций проведем расчет денежных потоков компании с учетом эффекта от внедрения инновационного проекта. В связи со спецификой инновационных проектов, связанных с внедрением инноваций в сфере ИТ, составим прогноз денежных потоков относительно роста выручки, который произойдет вследствие внедрения проекта.

Учитывая влияние вышеперечисленных факторов на рост различных показателей эффективности, в среднем получается от 2,5–3,5 % [Искусственный интеллект для ритейла, 2018], [«Инфосистемы Джет» разработала систему предсказания, 2018], [«Инфосистемы Джет» и Intelligence Retail, 2018]. Это дает основание предположить, что осуществление проекта приведет к увеличению выручки в первый год на 1,5 %, второй год на 3 %, третий год на 3,5 %, а на четвертом и пятом году после внедрения эффективность будет постепенно падать в связи с устареванием проекта.

Так как компания является очень крупной и занимает лидирующее положение в своей отрасли, проект будет финансироваться за счет собственных средств, поэтому компании как собственнику средств целесообразно при оценке инвестиционного проекта использовать денежные потоки на собственный капитал, потому что результат проекта важен для акционеров компании.

Формула расчета денежного потока на собственный капитал:

$$FCFE = NI + DA + \text{Net Borrowing} - \text{CapEx} - \Delta NWC, \quad (1)$$

где NI – чистая прибыль предприятия;

DA – амортизационные отчисления;

Net Borrowing – чистые заимствования предприятия;

CapEx – капитальные затраты;

ΔNWC – прирост чистого оборотного капитала.

Таким образом, относительно показателей эффективности, проект является высокоэффективным. В данном случае это связано с тем, что в связи с отсутствием финансовой отчетности сети «Пятёрочка», увеличение выручки от проекта показано не относительно одной сети компании, а отражается на всей компании в целом. Однако данные результаты также отражают суть инновации технологии больших данных и автоматизации производства, так как при грамотном применении этих инструментов они являются очень высоко маржинальными.

Таблица 2
Table 2Прогноз чистого денежного потока на собственный капитал (млн руб.)
Net cash flow forecast for equity (mln rubles)

Год	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Валовая выручка	1295008	1314433	1353866	1401251	1436283	1465008
Себестоимость продаж	986070	998969	1028938	1064951	1091575	1113406
Валовая прибыль (убыток)	308938	315464	324928	336300	344708	351602
Коммерческие и управленческие расходы	259376	276031	284312	294263	301619	307652
Прибыль (убыток) от продажи	49562	39433	40616	42038	43088	43950
Прочие доходы	8392	14459	14893	15414	15799	16115
Прочие расходы	61	1052	1083	1121	1149	1172
Прибыль до уплаты процентов и налога на прибыль (EBIT)	57954	52840	54425	56330	57739	58893
Проценты к уплате	16138	20079	20682	21406	21941	22379
Прибыль до уплаты налога на прибыль (EBT)	41816	32761	33744	34925	35798	36514
Налог на прибыль	8364	6552	6749	6985	7160	7303
Чистая прибыль	33452	26209	26995	27940	28638	29211
+ Начисленная амортизация	38435	39742	41451	43026	44747	46537
+ Прирост задолженности (долгосрочные и краткосрочные кредиты и займы)	8263	39564	41266	42835	44549	46331
- Прирост собственного оборотного капитала	-7608	-8736	-8440	-7739	-6494	-4529
- Капитальные вложения	98600	101952	106336	110377	114792	119384
Чистый денежный поток	19158	12298	11815	11163	9636	7224

Таблица 3
Table 3Расчет дисконтированных показателей инновационного проекта
Calculation of discount indicators of an innovative project

Год	2018	2019	2020	2021	2022
Чистый денежный поток	12298000	11815000	11162000	9635000	7223000
Инвестиции	609435	48493	31743	31743	31743
Коэффициент дисконтирования	0,86	0,73	0,63	0,54	0,46
Дисконтированный денежный поток	10576280	8624950	7032060	5202900	3322580



Окончание табл. 3

Год	2018	2019	2020	2021	2022
Дисконтированный денежный поток нарастающим итогом	10576280	19201230	26233290	31436190	34758770
Дисконтированные инвестиции	524114	35400	19998	17141	14602
Дисконтированные инвестиции нарастающим итогом	524114	559514	579512	596653	611255

Заключение

Выявленный эффект влияния инновационных технологий в ритейле на показатели деятельности розничной торговли позволил использовать их в прогнозировании и оценке денежных потоков при внедрении одной из рассматриваемых технологий (больших данных) в деятельности группы компаний.

Учитывая высокую конкуренцию в отрасли и снижение эффективности от традиционных методов увеличения роста компании, применение новых технологий является самым оптимальным решением для компании. Предложенный проект по внедрению технологий больших данных в работу компании позволит не только увеличить лояльность покупателей, но и сократить ряд издержек, к примеру, на коммуникации, и увеличить рентабельность продаж, а также найти широкое применение и развитие данной технологии в дальнейшем.

Список литературы

1. Андреева М. X5 Retail Group дал маркетингу искусственный интеллект. ComNews. 2017. URL: <https://www.comnews.ru/content/110307/2017-11-02/x5-retail-group-dal-marketingu-iskusstvennyy-intellekt> (дата обращения: 20.02.2020).
2. ВЭБ вкладывается в электронные ценники. URL: <https://www.comnews.ru/content/111326/2018-01-18/veb-vkladyvaetsya-v-elektronnye-cenniki> (дата обращения: 27.02.2020).
3. Годовой отчет X5Retail Group. X5 Retail Group. 2017. URL: https://www.x5.ru/PublishingImages/Pages/Investors/ResultsCentre/X5_Annual_Report_2017_RUS.pdf (дата обращения: 04.03.2020).
4. Гортинская У. GlowByte внедрила комплекс инструментов клиентской аналитики в рамках программы лояльности «Выручай-карта» для сети «Пятерочка». Cnews.ru. 2018. URL: http://www.cnews.ru/news/line/2018-10-03_glowbyte_vnedrila_kompleks_instrumentov_klientskoj (дата обращения: 28.03.20).
5. Ждет ли нас новый бум iBeacon-сервисов в российском ритейле: кто возглавит гонку? Журнал Retail & Loyalty. 2016. URL: <https://www.retail-loyalty.org/expert-forum/zhdet-li-nas-novyy-bum-ibeacon-servisov-v-rossiyskom-riteyle-kto-vozglavit-gonku/?id=198477> (дата обращения: 27.02.2020).
6. Иванов С. Автоматизированные магазины Amazon Go оказались в 1,5 раза прибыльнее обычных. Хайтек. 2019. URL: <https://hightech.fm/2019/01/07/amazon-go-effect> (дата обращения: 25.02.2020).
7. «Инфосистемы Джет» и Intelligence Retail внедряют компьютерное зрение в ритейле. URL: <https://www.comnews.ru/content/114005/2018-07-18/infosistemy-dzhet-i-intelligence-retail-vnedryayut-kompyuternoe-zrenie-v-reteyle> (дата обращения: 20.02.2020).
8. «Инфосистемы Джет» разработала систему предсказания поведения покупателей для «Рив Гош». URL: http://www.cnews.ru/news/line/2018-05-16_infosistemy_dzhet_razrabotala_sistemu_predskazaniya (дата обращения: 12.02.2020).
9. Искусственный интеллект для ритейла: какие результаты получит бизнес. URL: <https://vc.ru/trade/48616-iskusstvennyy-intellekt-dlya-riteyla-kakie-rezultaty-poluchit-biznes> (дата обращения: 12.02.2020).

10. Ищенко Н. X5 Retail Group с помощью big data хочет лучше изучить клиентов. Vedomosti.ru. 2018. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2018/03/01/752359-x5-big-data> (дата обращения: 28.03.2020).
11. Карасева О. Кибермаркет: Как устроен магазин-лаборатория «Пятерочка», X5 открыла магазин-лабораторию для разработки инноваций. The Village. 2018. URL: <https://www.the-village.ru/village/business/management/330341-innovatsionnaya-pyaterochka> (дата обращения: 25.02.2020).
12. Котик С. On Shelf Availability в российской рознице: не потерять продажи. Retail&Loyalty. – №1 (55). 2016. URL: https://www.retail-loyalty.org/journal_retail_loyalty/read_online/art189509/ (дата обращения: 20.02.2020).
13. Кру В., Кулан Д., Девани Д. Глобальные тенденции развития сектора розничной торговли в 2018 году. Публикация KPMG International Cooperative. 2018. 33 с. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2018/06/ru-ru-global-retail-trends-2018.pdf> (дата обращения: 12.02.2020).
14. Львова И.А., Семёнова И.А. 2015. Инновации в торговом процессе. Вестник Удмурдского университета. Серия Экономика и право. Т.25. Вып. 6. С.27-32.
15. «М.Видео» в пять раз сократила время обработки промоакций при переходе на SAP. Comnews.ru. 2016. URL: <https://www.comnews.ru/content/104814/2016-11-22/mvideo-v-pyat-raz-sokratila-vremya-obrabotki-promoakciy-pri-perehode-na-sap> (дата обращения: 04.03.2020).
16. «Магнит» внедрил новую схему поставок Pooling. Magnit-info.ru. 2018. URL: <http://magnit-info.ru/press/news/detail.php?ID=26373300> (дата обращения: 25.02.2020).
17. Мазлоев А. Виртуальные классы, обучающие игры и симуляторы для тренировок: как VR и AR изменяют подготовку персонала. Rusbase. 2018. URL: <https://rb.ru/opinion/vr-ar-personal/> (дата обращения: 25.02.2020).
18. Моисеева И.А., Тесленко И.Б. Применение технологий виртуальной и дополненной реальности в бизнесе. Новая наука: теоретический и практический взгляд. 2018. С. 62-66.
19. Оборот российского рынка интернет-ритейла превысил 1 трлн рублей. Коммерсантъ. 2018. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3593460> (дата обращения: 04.03.2020).
20. Осипов А. 2018. Как инновационные решения спасают магазины одежды и обуви. Vc.ru. URL: <https://vc.ru/trade/50935-kak-innovacionnye-resheniya-spasayut-magaziny-odezhdy-i-obiuv> (дата обращения: 27.02.2020).
21. «Перекрёсток» выпустил мобильное приложение для покупок по сценарию Self Scan. New-retail.ru. 2019. URL: https://new-retail.ru/novosti/retail/perekryestok_vypustil_mobilnoe_prilozhenie_dlya_pokupok2388/ (дата обращения: 27.02.2020).
22. Приложение «Смотри, динозавры!» скачали 500 000 человек. 2020. Журнал Retail&Loyalty. №2 (89). URL: <https://www.retail-loyalty.org/news/prilozhenie-smotri-dinozavry-skachali-500-000-chelovek/> (дата обращения: 20.02.2020).
23. Соколова А. 2015. Как устроен рынок big data в России. Rusbase. URL: <https://rb.ru/howto/big-data-in-russia/> (дата обращения: 27.02.2020).
24. ФРИИ и X5 Retail Group запускают программу стратегического партнерства. 2017. Iidf.ru. URL: <http://www.iidf.ru/media/articles/fond/frii-i-x5-retail-group-zapuskayut-programmu-strategicheskogo-partnerstva/> (дата обращения: 4.03.2020).
25. Щербак А. 2018. Будущее наступило: как «умные» технологии влияют на ритейл. ComNews. URL: <https://www.retail.ru/articles/148995> (дата обращения: 25.02.2020).
26. Decathlon увеличивает продажи и снижает потери благодаря RFID. 2016. RFIDJournal.com. URL: https://www.idexpert.ru/reviews/decathlon-uvelichivaet-prodazhi-i-snizhaet-poteri-blagodarya-rfid/?sphrase_id=10284797 (дата обращения: 27.02.2020).
27. X5 Retail Group будет обучать персонал в VR-очках. 2019. Retail.ru. URL: <https://www.retail.ru/news/x5-retail-group-budet-obuchat-personal-v-vr-ochkakh/> (дата обращения: 20.02.2020).

References

1. Andreeva M. 2017. X5 Retail Group gave marketing artificial intelligence. ComNews. URL: <https://www.comnews.ru/content/110307/2017-11-02/x5-retail-group-dal-marketingu-iskusstvennyy-intellekt> (accessed date: 02.20.2020).
2. VEB is invested in electronic price tags. URL: <https://www.comnews.ru/content/111326/2018-01-18/veb-vkladyvaetsya-v-elektronnye-cenniki> (accessed: 02.27.2020).



3. Annual report of X5Retail Group. X5 Retail Group. 2017. URL: https://www.x5.ru/en/PublishingImages/Pages/Investors/ResultsCentre/X5_Annual_Report_2017_RUS.pdf (accessed 04.03.2020).
4. Gortinskaya U. GlowByte introduced a set of client analytics tools as part of the "Help-card" loyalty program for the Pyaterochka network. Cnews.ru. 2018. URL: http://www.cnews.ru/news/line/2018-10-03_glowbyte_vnedrila_kompleks_instrumentov_klientskoj (accessed date: 03/28/20).
5. Is there a new boom of iBeacon services in Russian retail waiting for us: who will lead the race? Journal of Retail & Loyalty. 2016. URL: <https://www.retail-loyalty.org/expert-forum/zhdet-li-nas-novyy-bum-ibeacon-servisov-v-rossiyskom-riteyle-kto-vozglavit-gonku/?id=198477> (circulation date: 02.27.2020).
6. Ivanov S. Amazon Go automated stores were 1.5 times more profitable than usual. Haytek. 2019. URL: <https://hightech.fm/2019/01/07/amazon-go-effect> (accessed: 02.25.2020).
7. Jet Infosystems and Intelligence Retail deploy computer vision in retail. URL: <https://www.comnews.ru/content/114005/2018-07-18/infosistemy-dzhet-i-intelligence-retail-vnedryayut-kompyuternoe-zrenie-v-reteyle> (accessed: 02.20.2020).
8. Jet Infosystems has developed a system for predicting customer behavior for Rive Gauche. URL: http://www.cnews.ru/news/line/2018-05-16_infosistemy_dzhet_razrabotala_sistemu_predskazaniya (accessed: 12.02.2020).
9. Artificial intelligence for retail: what results the business will receive. URL: <https://vc.ru/trade/48616-iskusstvennyy-intellekt-dlya-riteyla-kakie-rezultaty-poluchit-biznes> (accessed: 02/12/2020).
10. Ishenko N. 2018. X5 Retail Group with the help of big data wants to study customers better. Vedomosti.ru. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2018/03/01/752359-x5-big-data> (accessed date: 03/28/2020).
11. Karaseva O. 2018. Cybermarket: How the Pyaterochka store-laboratory works, X5 opened a store-laboratory for innovation development. The Village. URL: <https://www.the-village.ru/village/business/management/330341-innovatsionnaya-pyaterochka> (accessed: 02.25.2020).
12. Kotik S. 2016. On Shelf Availability in Russian retail: do not lose sales. Retail & Loyalty. No. 1 (55). URL: https://www.retail-loyalty.org/journal_retail_loyalty/read_online/art189509/ (accessed: 02.20.2020).
13. Crew V., Kunan D., Devani D. 2018. Global trends in the development of the retail sector in 2018. Publication of KPMG International Cooperative. 33 p. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/en/pdf/2018/06/en-ru-global-retail-trends-2018.pdf> (accessed: 02/12/2020).
14. Lvov I.A., Semenova I.A. 2015. Trading Innovation. Bulletin of the Udmurd University. Series Economics and Law. T. 25. Issue 6. S. 27-32.
15. "M. Video" five times reduced the processing time for promotions when switching to SAP. 2016. Comnews.ru. URL: <https://www.comnews.ru/content/104814/2016-11-22/mvideo-v-pyat-raz-sokratila-vremya-obrabotki-promoakciy-pri-perehode-na-sap> (Date of appeal: 03/04/2020).
16. "Magnet" has introduced a new supply chain Pooling. 2018. Magnit-info.ru. URL: <http://magnit-info.ru/press/news/detail.php?ID=26373300> (accessed: 02.25.2020).
17. Mazloev A. 2018. Virtual classes, educational games and training simulators: how VR and AR will change staff training. Rusbase. URL: <https://rb.ru/opinion/vr-ar-personal/> (accessed: 02.25.2020).
18. Mokeyeva I.A., Teslenko I.B. 2018. Application of virtual and augmented reality technologies in business. New science: theoretical and practical view. S. 62–66.
19. The turnover of the Russian Internet retail market exceeded 1 trillion rubles. Komersant. 2018. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3593460> (accessed 04.03.2020).
20. Osipov A. How innovative solutions save clothing and shoe stores. 2018. Vc.ru. URL: <https://vc.ru/trade/50935-kak-innovacionnye-resheniya-spasayut-magaziny-odezhdy-i-obuvi> (accessed: 02.27.2020).
21. "Crossroads" released a mobile application for shopping according to the script Self Scan. New-retail.ru. 2019. URL: https://new-retail.ru/novosti/retail/perekrestok_vypustil_mobilnoe_prilozhenie_dlya_pokupok2388/ (appeal date: 02.27.2020).
22. Appendix "Look, dinosaurs!" 500,000 people downloaded. Retail & Loyalty Magazine. No. 2 (89). 2020. URL: <https://www.retail-loyalty.org/news/prilozhenie-smotri-dinozavry-skachali-500-000-chelovek/> (accessed: 02.20.2020).
23. Sokolova A. 2015. How is the big data market in Russia. Rusbase. URL: <https://rb.ru/howto/big-data-in-russia/> (accessed: 02.27.2020).
24. IIDF and X5 Retail Group launch a strategic partnership program. 2017. Iidf.ru. URL: <http://www.iidf.ru/media/articles/fond/frii-i-x5-retail-group-zapuskayut-programmu-strategicheskogo-partnerstva/> (accessed: 4.03.2020).

25. Scherbakova A. The future has come: how “smart” technologies affect retail. 2018. ComNews. URL: <https://www.retail.ru/articles/148995> (accessed: 02.25.2020).

26. Decathlon increases sales and reduces losses thanks to RFID. 2016. RFIDJournal.com. URL: https://www.idexpert.ru/reviews/decathlon-uvelichivaet-prodazhi-i-snizhaet-poteri-blagodarya-rfid/?sphrase_id=10284797 (accessed: 02.27.2020).

27. X5 Retail Group will train staff in VR glasses. 2019. Retail.ru. URL: <https://www.retail.ru/news/x5-retail-group-budet-obuchat-personal-v-vr-ochkakh/> (accessed: 02.20.2020).

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Ласкина Л.Ю., Силакова Л.В., Варакса А.М. 2020. Внедрение инноваций в ритейле и их влияние на стоимость компании. Экономика. Информатика. 47 (2): 274–287. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-274-287.

Laskina L.Yu., Silakova L.V., Varaksa A.M. 2020. Innovations implementation in retail and its impact on a company value. Economics. Information technologies. 47 (2): 274–287 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-274-287.



УДК 332.142.2

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-288-294

ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

FORMATION OF THE CONDITIONS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE ECONOMY OF THE REGION

Парфенова Е.Н.¹, Авилова Ж.Н.²
Parfenova E.N.¹, Avilova Zh.N.²

¹) Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

²) Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

¹) Belgorod State National Research University, 85, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

²) Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, 308012, Russia

E-mail: parfenova@bsu.edu.ru, janna-avilova@mail.ru

Аннотация

Региональный уровень особенно важен для внедрения инноваций. Особенно в тех государствах, где происходят обширные изменения в экономической; социальной, политической и технологической сферах. На сегодняшний день нет ни одного российского региона, в котором бы функционировала в полном объеме инновационная региональная система. Однако многие из них демонстрируют создание элементов этой системы. В данной статье рассмотрены особенности инновационного развития экономики в Белгородской области, проведен анализ структурных единиц научно-технического комплекса и численности персонала, занятого исследованиями и разработками в регионе. Согласно проведенному анализу исследовательские центры закрываются, в первую очередь, по причине их недофинансирования, при этом, увеличивается количество высших учебных заведений, в которых готовят новые научные кадры. Поэтому на этом этапе развития инновационной деятельности участникам процесса необходима действенная помощь органов государственной власти региона. Были предложены основные направления развития инновационных процессов в регионе для дальнейшего эффективного функционирования всего механизма инновационной региональной системы в целом.

Abstract

The regional level is especially important for innovation. Especially in those states where there are widespread changes in the economic; social, political and technological spheres. Today there is not a single Russian region in which the innovative regional system would fully function. However, many of them demonstrate the creation of elements of this system. This article discusses the features of innovative economic development in the Belgorod region, the analysis of the structural units of the scientific and technical complex and the number of personnel engaged in research and development in the region. According to the analysis, research centers are being closed, first of all, due to their underfunding, while the number of higher education institutions in which new scientific personnel are being trained is increasing. Therefore, at this stage of the development of innovative activity, the participants in this process need effective assistance from state authorities in the region. The main directions of the development of innovative processes in the region were proposed for the further effective functioning of the entire mechanism of the innovative regional system as a whole.

Ключевые слова: инновации, инновационная региональная система, инновационное развитие, инновационная политика, инновационные процессы.

Keywords: innovation, innovative regional system, innovative development, innovation policy, innovation processes.

Введение

Сегодня цели инновационного развития и научных достижений стали превалировать и подстраивать под себя экономику и политику государства. Инновационные достижения в настоящее время являются важным условием совершенствования общества и экономического роста. В особенности актуальным стало использование инноваций как стратегического инструмента для развития территорий Российской Федерации, которые обладают потенциалами как интеллектуальными, так и промышленными [Бобылев, 2011]. Развитие этих территорий связано не только с применением прогрессивных технологий, но и с их созданием и использованием.

Политика в инновационной сфере является стержнем в социально-экономической политике государства. Особая роль в управлении инновационным развитием принадлежит региональным органам управления. Для ее развития необходимо выполнение двух основных условий. Во-первых, это компетентное региональное управление, включающее разработку стратегии сохранения и развития инновационного потенциала региона, определения функций государственных органов в инновационной сфере и разработка инструментов регулирования инновационной деятельности. Это позволит обеспечить учет мнений всех прямо или косвенно заинтересованных структур и в то же время создать условия для согласованного принятия мер по стимулированию инноваций. И во-вторых, создание системы управления коммерциализацией продуктов НИОКР, опираясь на трудовые ресурсы, обладающие высокой квалификацией, интеллектом и профессионализмом, что будет способствовать увеличению рынков инноваций, финансовых и других видов ресурсов, и в конечном итоге все это позволит улучшить инновационный и инвестиционный климат региона.

Основные результаты исследования

Осуществляя в своем регионе деятельность по созданию и внедрению инноваций, а также способствуя ее продвижению в объемах своих средств и сил, эти субъекты Российской Федерации, даже с невысоким техническим потенциалом, небольшими ресурсами и финансами, могут решить две стратегические задачи.

Во-первых, инновационная деятельность позволит региону решать существующие проблемы социально-экономического развития с наименьшими затратами и временем на самом современном уровне.

Во-вторых, эта деятельность в будущем приведет к созданию новых рабочих мест в области науки и техники, уменьшению напряженности в социальной сфере, а также поможет сохранить существующие традиции науки и образовательных учреждений благодаря участию талантливых молодых людей в этом процессе, таким образом, станет источником решения огромного перечня социальных и экономических проблем, которые связаны с трудностями и спецификой современного периода [Горфинкель, 2013].

В современных условиях основным подходом в создании программ социально-экономического развития субъекта Российской Федерации должна стать стратегическая направленность на увеличение его конкурентоспособности, которая может быть только при создании и внедрении инноваций [Лисин, 2016.]. При этом актуальным это должно стать не только в научном мире, но и в практическом.

Кроме того, использование инноваций в качестве стратегического фактора экономического развития субъекта Российской Федерации будет особенно актуально для территорий с достаточно высоким промышленным и интеллектуальным потенциалом. Развитие этих областей возможно не только с использованием высоких технологий, но и с их способностью производить и использовать их [Archibald R.D., Archibald S.C., 2016].

Власти Белгородской области заинтересованы в скорейшем развитии инновационной деятельности в регионе, потому этому вопросу уделяют пристальное внимание. Организационная структура науки в области достаточно разветвлённая. Структурными единицами научно-технического комплекса являются как отдельные исследовательские и

проектные объединения разных форм собственности, которые предлагают научно обоснованные технические, экономические или технологические решения в своих проектах, так и высшие учебные заведения, выполняющие инновационные разработки [Парфенова, 2015.]. Но при этом в области наблюдается неуклонное снижение числа организаций, осуществляющих исследования и разработки. Так за период с 2000 г. по 2018 г. сокращение произошло на 38,7 % – с 31 до 19 организаций. Такая ситуация происходит в большей степени за счет сокращения числа научно-исследовательских организаций, конструкторских и технологических организаций, а также проектных и проектно-изыскательских организаций. Это приводит к уменьшению научных исследований. Кроме того, конструкторско-исследовательские компании, занимающиеся прикладными исследованиями, прекратили свою деятельность, что привело к еще большей разобщенности и потере связи между наукой и производством. Положительная динамика наблюдается только в разрезе увеличения высших учебных заведений. Перспективы развития научной и научно-технической деятельности в высшей школе связаны с синтезом уровня качества средств производства, в основе которых лежат изобретения и ноу-хау, а так же людей, обладающих знанием и умением наиболее эффективно применять современную технику и технологию (табл. 1) [Белгородская область..., 2018].

Таблица 1

Table 1

Организации Белгородской области, выполняющие исследования и разработки
за 2000–2018 гг. (ед.)
Organizations of the Belgorod region, carrying out research and development
for 2000–2018. (unit)

Организации	Года			Темпы роста %	
	2000	2005	2018	2005/ 2000	2018/ 2000
Всего	31	23	19	74,2	61,3
в том числе:					
научно-исследовательские	12	15	8	125,0	66,7
конструкторские и технологические	7	-	-	-	-
проектные и проектно-изыскательские	4	2	-	50,0	-
высшие учебные заведения	4	4	6	100,0	150,0
прочие	4	2	5	50,0	125,0

Анализ организаций Белгородской области, участвующих в изобретениях и исследованиях за период 2000–2018 гг., показал, что происходит ежегодное их уменьшение. Такое явление, в первую очередь, связано с тем, что сократилось финансирование научных исследований крупными предприятиями региона. Это способствовало тому, что исследовательские центры вынуждены были закрыться.

С другой стороны, учитывая тот факт, что в странах с развитой рыночной экономикой организация высших школ является доминирующей, поэтому наметившаяся положительная тенденция в сфере образования и науки будет направлена на активизацию научно-исследовательской деятельности в высших учебных заведениях.

Такая ситуация показывает, что инновационная политика в регионе еще недостаточно сформирована, и поэтому необходимо дальнейшее развитие. [Зекох, Мартыненко, 2015.]. При этом надо отметить, что область сделала немало для создания инфраструктуры инновационной деятельности. Так, принят закон и план развития по инновационной деятельности, созданы фонд поддержки предпринимательства и центр трансфера технологий. Однако существующие научно-исследовательские организации в Белгородской области не могут обеспечить инновационный сектор экономики необходимой поддержкой.

Снижение количества научных учреждений не единственная проблема в инновационном пути развития региона. Такая же ситуация наблюдается и с численностью работников, занятых исследованиями и разработками в этой области.

Конечно, уменьшение научно-исследовательских организаций может означать их слияние, при этом штатная численность должна увеличиваться [Казакова и др., 2009]. Но это ложное суждение, так как, начиная с 2005 года, сокращается средняя численность научно-исследовательских сотрудников в расчете на одну организацию.

Так, за анализируемый период общая численность персонала, занятого исследованиями и разработками, сократилась. За пять лет, с 2000 г. по 2005 г., снижение произошло на 66 %, после этого ситуация стала постепенно меняться, и к 2018 г. темп прироста составил 33,2 %. Анализ в разрезе по категориям персонала показал его сокращение на протяжении анализируемого периода. Исключение составили исследователи и прочий персонал, численность которых за анализируемый период менялась скачкообразно: в первые годы происходило сокращение более чем на 67 % по этим категориям, затем наметились положительные тенденции, и к 2018 году темп роста составил 87,2 % и 3,3 % соответственно (табл. 2) [Белгородская область..., 2018].

Таблица 2
Table 2

Численность персонала, занятого исследованиями и разработками
в Белгородской области за 2000–2018 гг. (чел.)
The number of personnel engaged in research and development in the Belgorod region
for 2000–2018 (people)

Численность персонала	Года			Темпы роста %	
	2000	2005	2018	2005/2000	2018/2005
Всего	1953	1289	1717	66,0	133,2
в том числе:					
исследователи	984	666	1247	67,7	187,2
техники	268	184	76	68,6	53,8
Вспомогательный персонал	342	197	144	57,6	97,5
Прочий персонал	359	242	250	67,4	103,3

Анализ показал, что общее число исследователей имеет тенденцию к сокращению и, прежде всего, это происходит за счет техников и вспомогательного персонала. Положительным моментом является увеличение численности исследователей за последнее время. На это указывает и тот факт, что увеличилось количество высших учебных заведений, в которых подготавливают новые научные кадры.

При этом надо признать, что имея достаточные ресурсы для разработки новых идей и технологий, регион в полной мере не использует свой потенциал. Так, крупные белгородские предприятия, имеющие значительные финансовые средства для освоения перспективных знаний и технологий нового поколения, не внедряют у себя инновационные научные идеи. В результате эти идеи остаются невостребованными. В конечном итоге, замедляется прогрессивное развитие всех сфер экономики и общества в целом в регионе [Моттаева, 2014].

Все экономические субъекты, чтобы осуществлять эффективную инновационную работу, будут заинтересованы в государственных органах, которые помогут им выстроить действенные управленческие решения во всех звеньях цепочки, от фундаментальных исследований, деятельности по разработке инноваций и опытного производства до серийного производства и выхода на рынок [Маскайкин, 2009]. Однако очевидно, что государственные власти региона не могут вкладывать огромные денежные средства по всем звеньям цепочки: от фундаментальных исследований до реализации на рынке. Тем не менее, чтобы создать в производственном секторе условия для разработки новых идей и воплотить эти

инновационные идеи в продукт, который мог бы быть востребованным на рынке, это должно быть главной задачей органов государственной власти [Samonas M., 2015].

В последние годы появились разнообразные мероприятия, которые направлены на привлечение большего количества российского бизнеса к участию в инновационной деятельности. Так, ежегодными стали такие мероприятия, как Инновационный форум «Молодежь и стратегии развития территорий» (г. Новосибирск), Международный форум по нанотехнологиям (г. Москва); Всероссийский молодежный инновационный конвент (г. Москва); Молодежный образовательный инновационный форум «Селигер» и другие.

Кроме того, государство, даже в непростой международной ситуации, стало больше оказывать поддержку российскому бизнесу, создавая различные фонды содействия инновационному пути развития экономики регионов и страны в целом. Так, Указом Президента РФ от 30 июля 2008 г. №1144 «О премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых» учреждены ежегодные премии молодым ученым по 2,5 млн руб. каждая [Сутугина, Склярова, 2016].

Однако на практике существуют определенные трудности, которые сдерживают эффективное развитие инновационной деятельности в регионах, и в частности, в Белгородской области:

1. Малые инновационные предприятия, которые создаются в технопарках и центрах, надолго остаются там. Это приводит к тому, что у этих предприятий перестает увеличиваться объем производства, а кроме того, в этих центрах и технопарках нет свободных площадей для появления новых инновационных предприятий. Поэтому только инновационно-технологический центр и технопарк можно считать объектами инновационной инфраструктуры, которые формируют благоприятные условия для создания инновационных производств в научно-технической сфере, обладают оснащенной и экспериментальной базой и высокой концентрацией квалифицированных кадров.

2. Современное производство немыслимо без применения передовых технологий. Они играют решающую роль в его развитии, а также способствуют процветанию бизнеса и обеспечению его конкурентоспособности. Однако в силу очень большой стоимости многие инновационные предприятия отказываются от внедрения в свое производство новых технологий, что в конечном итоге приводит к тому, что замедляется темп роста производства и снижается конкурентоспособность бизнеса [Кошелева, 2015].

3. Одной из проблем является старение кадров, которые являются носителями ключевых технологий. Без прихода молодых квалифицированных специалистов передовые применяемые технологии могут быть частично утеряны.

Учитывая сложившиеся проблемы, необходима качественная трансформация в развитии региональной политики, которая бы изменила подход к формированию и развитию инновационной деятельности, обеспечив оптимальные условия для протекания инновационных процессов в области [Курбанкулиев, 2016]. В связи с этим, можно сформулировать основные направления развития инновационных процессов в регионе, которые должны быть реализованы органами государственной власти Белгородской области.

Первую проблему можно решить, установив лимит времени для небольшого инновационного предприятия в составе технопарка.

Вторую сложившуюся ситуацию можно решить благодаря совместной эксплуатации высококачественного оборудования в центрах и технопарках.

Третья проблема может быть решена путем подготовки профессиональных кадров – квалифицированным специалистам приступать к работе через 6–10 лет с учетом подготовки в высшем заведении базового образования и приобретения практических навыков.

Основные выводы

Координирование инновационных процессов должно осуществляться региональными администрациями. В этом контексте основное направление региональной политики – организовать интеграцию ресурсов в ключевые направления, разработать стратегии

сотрудничества между стратегическими партнерами в рамках новой модели развития: администрация, компании и общественные институты [Шамина, 2015]. Таким образом, при государственной поддержке создания новых технологий и новых разработок в регионе наиболее важными являются институциональные и правовые рамки для поддержки и стимулирования финансовых партнеров, инновационных компаний в реализации структурных преобразований экономики субъекта Российской Федерации [Gassmann Oliver, 2016].

Таким образом, исходя из вышеизложенного следует, что в современных условиях инновационные процессы необходимо рассматривать как фактор стратегического роста экономики любого субъекта Российской Федерации [Щитова, 2014]. Государственные органы регионов должны активно способствовать внедрению инновационных разработок в само производство, что, в свою очередь, позволит населению региона пользоваться товарами и услугами самого высокого качества, и, в конечном счёте, обеспечат повышение уровня жизни российских граждан.

Список литературы

1. Белгородская область в цифрах. 2018. Краткий статистический сборник, Белгородстат, 300.
2. Бобылев Г.В., Кузнецов А.В., Горбачева Н.В. 2011. Условия и факторы реализации инновационного потенциала региона. Регион: экономика и социология. 1: 113–126.
3. Галушко М.В., Чახеев А.А. 2019. Инновационное развитие регионов России с учетом их особенностей и направленностей экономик. В кн.: Актуальные вопросы экономических наук и современного менеджмента. Материалы XXIII международной научно-практической конференции. 6 (16). Новосибирск, Изд-во СибАК: 52–66.
4. Горфинкель В.Я. 2013. Инновационное предпринимательство. Москва: Гриф МО, 523.
5. Зекох А.А., Мартыненко Е.Д. 2015. Функциональное содержание механизма формирования инновационной региональной политики. Новые технологии. 1: 118–121.
6. Казакова Н.А., Наседкина Т.И., Французова И.И. 2009. Анализ факторов формирования инновационной модели развития региональной экономики: российский и мировой опыт. Менеджмент в России и за рубежом. 3: 25–29.
7. Кошелева Т.Н. 2015. Инновационная политика как фактор развития малого предпринимательства. Экономика и управление. 4 (90): 75–78.
8. Курбанкулиев, Б.Р. 2016. К вопросу о механизмах снижения высоких предпринимательских рисков в сфере инновационной деятельности. Новая наука: Проблемы и перспективы. 4–1: 133–134.
9. Лисин Б.К. 2016. Межгосударственное социально-экономическое исследование инновационного потенциала. Инновации. 7: 62 – 68.
10. Маскайкин Е.П. 2009. Понятие, содержание и модель региональной инновационной системы. Креативная экономика. 8 (32): 66–74.
11. Моттаева А.Б. 2014. Инновационные риски в предпринимательстве. Общество. Государство. Право. 2: 26–32.
12. Парфенова Е.Н. 2015. Развитие элементов инновационной инфраструктуры региона. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика Информатика. 19 (216) вып. 36/1: 14–20.
13. Сутугина М.В., Складорова Е.Е. 2016. Инновационный потенциал регионов России как фактор экономического роста. Научно-методический электронный журнал «Концепт». 12: 66–71. URL: <http://e-koncept.ru/2016/46214.htm> (дата обращения: 10 ноября 2019).
14. Шамина М.К. 2015. Оценка риска инновационного процесса. Экономика и экологический менеджмент. 1: 3–25.
15. Щитова А.Н. 2014. Инновационная политика экономики России. В кн.: Инновационная экономика. Материалы международной научной конференции материалы междунар. науч. конф. (Казань, октябрь 2014 г.). Казань, Изд-во Бук : 6–11.
16. Archibald R.D., Archibald S.C. 2016. Leading and managing innovation: what every executive team must know about project, program and portfolio management PDF. 2nd ed. CRC Press, 216 p.
17. Gassmann Oliver, Frankenberger Karolin, Sauer Roman. 2016. Exploring the Field of Business Model Innovation: New Theoretical Perspectives PDF. Palgrave Macmillan, 126 p.
18. Samonas M. 2015. Financial Forecasting, Analysis and Modelling: A Framework for Long-Term Forecasting. N.-Y.: Wiley, 232p.



References

1. Belgorodskaya oblast' v tsifrah [Belgorod region in numbers]. 2018. Kratkiy statisticheskiy sbornik, Belgorodstat, 300.
2. Bobylev G.V., Kuznetsov A.V., Gorbacheva N.V. 2011. Usloviya i faktory realizatsii innovatsionnogo potentsiala regiona [Conditions and factors for the implementation of the innovative potential of the region]. Region: ekonomika i sotsiologiya. 1: 113–126.
3. Galushko M.V., Chakheev A.A. 2019. Innovatsionnoe razvitie regionov Rossii s uchetoм ikh osobennostey i napravlennostey ekonomik [Innovative development of the Russian regions, taking into account their characteristics and economies]. V kn.: Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk i sovremennogo menedzhmenta [Actual issues of economic sciences and modern management]. Materialy XXIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 6(16). Novosibirsk, Izd-vo SibAK: 52–66.
4. Gorfinkel', V.Ya. 2013. Innovatsionnoe predprinimatel'stvo [Innovative entrepreneurship]. Moskva: Grif MO, 523.
5. Zekokh A.A., Martynenko E.D. 2015. Funktsional'noe soderzhanie mekhanizma formirovaniya innovatsionnoy regional'noy politiki [Functional content of the mechanism for the formation of innovative regional policy]. Novye tekhnologii. 1: 118–121.
6. Kazakova N.A., Nasedkina T.I., Frantsuzova I.I. 2009. Analiz faktorov formirovaniya innovatsionnoy modeli razvitiya regional'noy ekonomiki: rossiyskiy i mirovoy opyt [Analysis of the factors of formation of an innovative model for the development of a regional economy: Russian and world experience]. Menedzhment v Rossii i za rubezhom. 3: 25–29.
7. Kosheleva T.N. 2015. Innovatsionnaya politika kak faktor razvitiya malogo predprinimatel'stva [Innovation policy as a factor in the development of small business]. Ekonomika i upravlenie. 4 (90): 75–78.
8. Kurbankuliev, B.R. 2016. K voprosu o mekhanizмах snizheniya vysokikh predprinimatel'skikh riskov v sfere innovatsionnoy deyatel'nosti [On the issue of mechanisms to reduce high entrepreneurial risks in the field of innovation]. Novaya nauka: Problemy i perspektivy. 4–1: 133–134.
9. Lisin B.K. 2016. Mezhdunarodnoye sotsial'no-ekonomicheskoe issledovanie innovatsionnogo potentsiala [Interstate Social and Economic Research on Innovation Potential]. Innovatsii. 7: 62–68.
10. Maskaykin E.P. 2009. Ponyatie, soderzhanie i model' regional'noy innovatsionnoy sistemy [The concept, content and model of a regional innovation system]. Kreativnaya ekonomika. 8 (32): 66–74.
11. Mottaeva A.B. 2014. Innovatsionnye riski v predprinimatel'stve [Innovation risks in entrepreneurship]. Obshchestvo. Gosudarstvo. Pravo. 2: 26–32.
12. Parfenova E.N. 2015. Razvitie elementov innovatsionnoy infrastruktury regiona [Development of elements of the innovation infrastructure of the region]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika Informatika. 19 (216) vyp.36/1: 14–20.
13. Sutugina M.V., Sklyarova E.E. 2016. Innovatsionnyy potentsial regionov Rossii kak faktor ekonomicheskogo rosta [The innovative potential of Russian regions as a factor of economic growth]. Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Kontsept». 12: 66–71. URL: <http://e-koncept.ru/2016/46214.htm> (data obrashcheniya: 10 noyabrya 2019).
14. Shamina M.K. 2015. Otsenka riska innovatsionnogo protsessa. Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment. 1: 3–25.
15. Shchitova A.N. 2014. Innovatsionnaya politika ekonomiki Rossii [innovation process risk assessment]. V kn.: Innovatsionnaya ekonomika [Innovative economy]. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii materialy mezhdunar. nauch. konf. (Kazan', oktyabr' 2014 g.). Kazan', Izd-vo Buk : 6–11.
16. Archibald R.D., Archibald S.C. Leading and managing innovation: what every executive team must know about project, program and portfolio management PDF. 2nd ed. CRC Press, 2016. 216 p.
17. Gassmann Oliver, Frankenberger Karolin, Sauer Roman. Exploring the Field of Business Model Innovation: New Theoretical Perspectives PDF. Palgrave Macmillan, 2016. 126 p.
18. Samonas M. Financial Forecasting, Analysis and Modelling: A Framework for Long-Term Forecasting. N.-Y.: Wiley, 2015. 232p.

Ссылка для цитирования статьи For citation

Парфенова Е.Н., Авилова Ж.Н. 2020. Формирование условий инновационного развития экономики региона. Экономика. Информатика. 47 (2): 288–294. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-288-294.

Parfenova E.N., Avilova Zh.N. 2020. Formation of the conditions of innovative development of the economy of the region. Economics. Information technologies. 47 (2): 288–294 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-288-294.

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 314 (470+571) + 338.46 (470+571) + 615.8 (470+571)

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-295-307

ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЫНКА РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ В РОССИИ

PUBLIC HEALTH AND ITS IMPACT ON THE FORMATION OF THE REHABILITATION MEDICINE MARKET IN RUSSIA

Н.В. Горошко^{1,2}, Е.К. Емельянова²
N.V. Goroshko^{1,2}, E.K. Emelyanova²

¹⁾ ФГБОУ ВО Новосибирский государственный педагогический университет,
Россия, 630126, г. Новосибирск, ул. Вилуйская, 28

²⁾ ФГБОУ ВО Новосибирский государственный медицинский университет,
Россия, 630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 52

¹⁾ Novosibirsk State Pedagogical University,
28 Viluyskaya St, Novosibirsk, 630126, Russia

²⁾ Novosibirsk State Medical University,
52 Krasny prospekt, Novosibirsk, 630091, Russia

E-mail: goroshko1@mail.ru, emelen1@yandex.ru

Аннотация

В статье на основе данных из официальных отчетов Федеральной службы государственной статистики, Всемирной организации здравоохранения, государственного доклада Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека рассмотрено влияние ключевых показателей общественного здоровья на формирование рынка реабилитационной медицины в России. В настоящее время рост заболеваемости, инвалидизация, временная утрата трудоспособности, преждевременная смертность населения существенно влияют на рынок реабилитационной медицины в России. Главным фактором ухудшения здоровья населения являются финансовая недоступность широким группам населения реабилитационных услуг, недостаточность государственного финансирования медицинских услуг, в том числе на дорогостоящую реабилитацию. Медицинская реабилитация в России имеет ряд проблем, среди которых отсутствие персонифицированного подхода, непрерывности и комплексности. Отмечается, что развитие и совершенствование реабилитационной помощи населению открывает дополнительные возможности для достижения целевых показателей общественного здоровья. Положительными аспектами являются разработка новых технологий медицинской реабилитации, в том числе на основе телемедицины и IT-технологий, подготовка новых профессиональных стандартов для медицинской реабилитации на современном уровне в соответствии с международными стандартами и рекомендациями.

Abstract

Based on data from official reports of the Federal state statistics service, the world health organization, and the state report of the Federal service for supervision of consumer protection and human well-being, the article examines the impact of key public health indicators on the formation of the rehabilitation medicine market in Russia. Currently, the increase in morbidity, disability, temporary disability, and premature death of the population significantly affect the market of rehabilitation medicine in Russia. The main factor in the deterioration of the population's health is the financial unavailability of rehabilitation services for a wide group of people, and the lack of state funding for medical services, including expensive rehabilitation. Medical rehabilitation in Russia has a number of problems, including the lack of a personalized approach, continuity



and complexity. It is noted that the development and improvement of rehabilitation assistance to the population opens up additional opportunities to achieve public health targets. Positive aspects are the development of new technologies for medical rehabilitation, including those based on telemedicine and IT-technologies, and the preparation of new professional standards for medical rehabilitation at the current level in accordance with international standards and recommendations.

Ключевые слова: медицина и здравоохранение, общественное здоровье, врожденные и приобретенные заболевания, медицинские услуги, медицинская реабилитация, рынок реабилитационной медицины, новые технологии медицинской реабилитации.

Keywords: medicine and healthcare, public health, congenital and acquired diseases, medical services, medical rehabilitation, rehabilitation medicine market, new technologies of medical rehabilitation.

Введение

Общественное здоровье является одним из значимых индикаторов качества жизни населения и социально-экономического благополучия страны [Кислицына, 2015]. Снижение показателей здоровья свидетельствует о неблагоприятных тенденциях в развитии общества [Биктимирова, 2006].

К ключевым статистическим показателям, используемым для оценки общественного здоровья, можно отнести демографические индикаторы и заболеваемость населения. Основными демографическими индикаторами служат: уровень рождаемости и смертности (в т. ч. младенческая, детская, смертность трудоспособного населения, смертность по всему населению), естественный прирост (убыль) населения, структура смертности населения по различным классам болезней, ожидаемая продолжительность предстоящей жизни. Для оценки заболеваемости как компонента здоровья используют следующие показатели: первичная и общая заболеваемость, структура заболеваемости по основным классам причин, заболеваемость социально-значимыми диагнозами и др.

Происходящие в мире процессы глобализации, урбанизации, старения населения ведут к изменению структуры главных причин заболеваемости и смертности населения. Неинфекционные болезни, такие как диабет и сердечно-сосудистые заболевания, онкология, расстройства психики становятся все более распространенными. Старение населения ведет к росту частоты сочетанной заболеваемости [Шабунова, 2010; Горошко, 2019].

Методы исследования

Целью исследования является определение влияния показателей общественного здоровья на формирование рынка реабилитационной медицины в России. В статье применяли аналитический метод с использованием официальных отчетов Федеральной службы государственной статистики, Всемирной организации здравоохранения, государственного доклада Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Результаты

Современная картина общественного здоровья в России наряду с общемировыми негативными аспектами характеризуется рядом индивидуальных черт. Средняя продолжительность жизни в России на 2018 год составила 72,91 года (110-е место в мировом рейтинге). При этом наблюдаются значительные территориальные различия в ожидаемой продолжительности жизни, достигая до 15 лет (например, в Республике Ингушетия – 81,59 лет, Чукотском автономном округе – 66,10 лет) [Регионы России, 2018]. Одной из особенностей кризиса здоровья населения России является серьезная разница между ожидаемой продолжительностью жизни мужчин и женщин (на 2018 год – 67,75 лет и 77,82 года соответственно). После короткого периода положительного естественного прироста

населения с 2016 года демографическая ситуация в Российской Федерации характеризуется снижением численности населения (рис. 1).

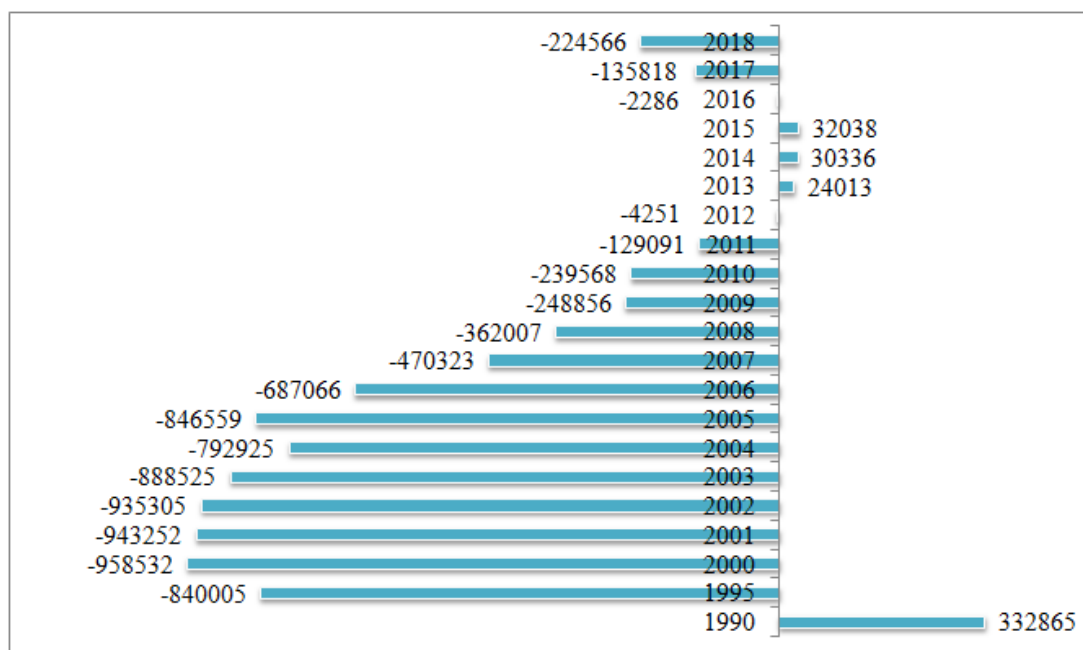


Рис 1. Естественный прирост населения Российской Федерации 1990–2018 г.

Составлено по [Демография ...]

Fig. 1. Natural population growth in the Russian Federation 1990–2018, compiled by [Demography...]

Ситуация в России по уровню преждевременной смертности населения трудоспособного возраста на сегодня неблагоприятная.

По исследованию численности населения ООН, Россия находится на первом месте в Европе среди стран с наиболее высоким процентом смертности мужчин до 65 лет (43 %). Основными естественными причинами смерти являются болезни кровообращения, органов дыхания, пищеварения, инфекционные болезни, онкологические заболевания и другие (рис. 2).

В 2018 году в структуре распространенности населения по основным классам заболеваний ведущее место за респираторными заболеваниями (369,8 на 1000 человек), травмами, отравлениями и некоторыми другими последствиями внешних причин (89,0 на 1000 человек), осложнениями беременности, родов и послеродового периода (63,3 на 1000 населения) [Здравоохранение ...].

По статистике инфаркт миокарда и инсульт являются основной причиной смерти людей старше 40 лет. Последствия обширного инфаркта представлены группой отклонений. С ранними осложнениями встречается до 60 % больных. Среди них: аритмии разной степени тяжести, шоковые состояния, неврологические дефекты. В начальные полгода-год отсроченные последствия возникают у 30 % лиц, перенесших инфаркт. Летальность инфаркта варьируется в широких пределах – от 3 до 60 % и выше.

В России за год регистрируется более 450 тысяч случаев инсульта. Постинсультная инвалидность превышает 60 %. Среди пациентов, перенесших инсульт, 85 % нуждаются в постоянной медицинской и социальной поддержке, 25 % – остаются инвалидами на всю оставшуюся жизнь. Пожилые люди больше подвержены риску возникновения инсульта, и с возрастом риск увеличивается в каждом последующем десятилетии по сравнению с предыдущим в два раза [Ковальчук, 2017].

Согласно Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире раньше положенного срока рождается более 15 млн детей, т. е. каждый десятый ребенок. В России этот показатель – более 110 тысяч или около 5,7 % от числа всех новорожденных за год.

В Новосибирской области младенцев, которые родились с весом менее 1 кг – 150 человек из 38 тысяч родившихся в 2018 году (0,4 %). У недоношенных детей высок риск перинатальной патологии, в т. ч. соматических и неврологических проблем [Рожденные слишком ...].

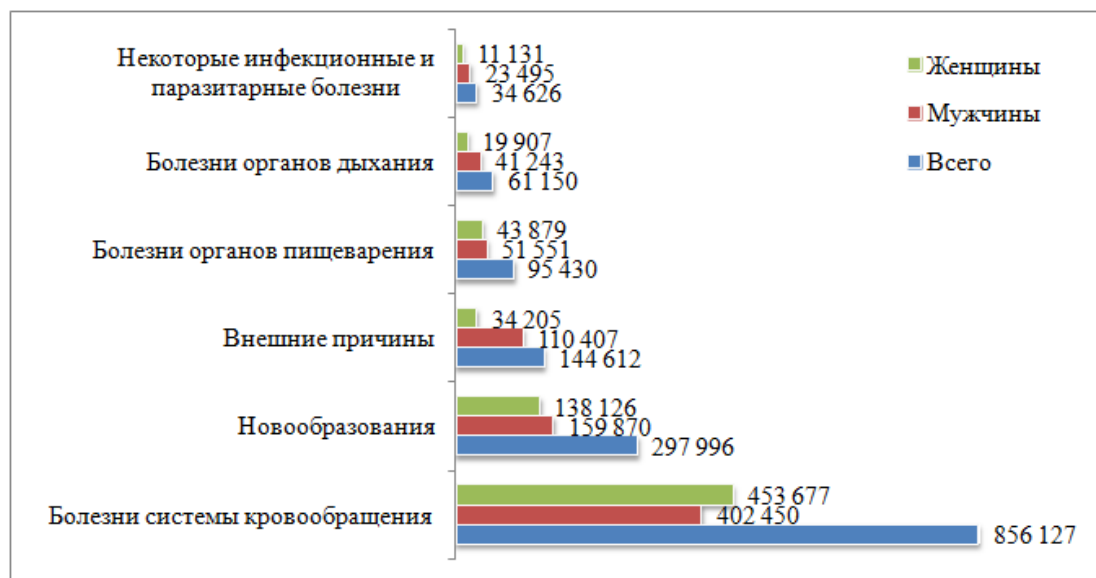


Рис. 2. Умершие по основным классам причин смерти, 2018 г., человек

Составлено по [Демография ...]

Fig. 2. Deaths by major cause of death classes, 2018, people compiled by [Demography...]

Врожденные пороки развития являются одной из важнейших причин смертности в детском возрасте, хронических заболеваний и инвалидности [Жученко, 2003]. Среди аномалий развития плода самыми распространенными являются порок сердца, дефекты нервной трубки, гемоглобинопатия и хромосомные заболевания, включая синдром Дауна. По данным Всемирной организации здравоохранения, примерно 94 % серьезных врожденных нарушений наблюдаются в странах со средним и низким уровнем дохода из-за недоступности качественной пищи или воздействия факторов, которые увеличивают отклонения от нормы в пренатальном развитии [Пороки развития ...]. Ведущие позиции приходятся на патологии опорно-двигательного аппарата, центральной нервной системы, врожденные пороки сердца [Бокерия, 2006; Клименко, 2010].

Одной из важнейших медико-социальных проблем современности является травматизм (более 12 млн случаев травм ежегодно). Острота проблемы связана как с ростом травм, так и с увеличением количества смертельных исходов и инвалидизации населения в результате травм. Значительное количество травм получают дети (около 1/5 части во всей структуре травматизма). Наиболее часто травмируются люди трудоспособного возраста и чаще мужчины (около 56 % случаев). Производственный травматизм составляет 2–3 % всех случаев, тогда как подавляющее большинство травм, получаемых людьми, приходится на непрофессиональный травматизм – бытовые, уличные, дорожно-транспортные, детские, спортивные травмы (около 97–98 %) [Егизарян, 2017]. Несмотря на сокращение случаев производственного травматизма в России в последние 20 лет в 2018 году показатель оставался достаточно высоким и составил 23,6 тыс. человек, в т. ч. 16,6 тыс. человек – мужчины и 7,0 тыс. человек – женщины. Из них со смертельным исходом – 1,07 тыс. человек, из которых 1,00 тыс. человек составляют мужчины. В 2018 году в России показатель работников, занятых во вредных и опасных производствах, составил 37,9 % [Условия труда ...]. В 2018 году в структуре профессиональной патологии, в зависимости от подверженности вредным производственным факторам, профессиональная патология занимает лидирующее положение из-за чрезмерной подверженности работников физическим факторам производственных процессов (49,85 %). Последующие позиции распределены между последствиями физической

перегрузки и перенапряжением отдельных органов и систем (24,73%); воздействием промышленных аэрозолей (15,89 %); интоксикацией, вызванной химическими веществами (6,03 %). На другие вредные производственные факторы приходится 3,5 %.

Из основных нозологических форм в группе профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием физических факторов трудового процесса, в 2018 году преобладала нейросенсорная тугоухость – 55,13 %, вибрационная болезнь – 42,88 %, моно- и полинейропатии – 1,75 %, на долю прочих заболеваний приходилось – 0,24 % [О состоянии...]. Врожденные и приобретенные заболевания опасны осложнениями, постепенным прогрессированием, приводящим к инвалидности, и сокращению продолжительности жизни.

Развитие и совершенствование реабилитационной помощи населению открывает дополнительные возможности для достижения целевых показателей общественного здоровья [Умнова, 2016].

Обсуждение результатов

Медицинская реабилитация после тяжелых и длительных заболеваний, операций и травм во многих случаях имеет не менее важное значение, чем сам процесс лечения. На сегодня реабилитационная медицина ориентирована на ряд ключевых направлений. Одно из них ориентировано на поддержание функций организма пациента в процессе завершения или обострения хронического патологического процесса. Второе – на предупреждение, раннюю диагностику нарушений работы органов и систем организма пациента. Третье направление нацелено на полное или частичное восстановление нарушенных органов или систем и компенсацию утраченных функций пораженных органов или систем. Четвертое направление связано с предупреждением и снижением степени инвалидизации [Иванова, 2016].

Отечественная медицинская реабилитация включает три этапа: стационарный, амбулаторный и санаторный. Основные профили оказания медицинской помощи при этом

- нейрореабилитация (при заболеваниях неврологического спектра: инсульты; ДЦП и нарушения развития в т. ч. аутизм, синдром Дауна; рассеянный склероз, болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера и прочие аутоиммунные заболевания; черепно-мозговые и спинальные травмы);
- послеоперационная реабилитация (после перенесенного хирургического вмешательства и иного лечения, когда организму требуется восстановление): ортопедическая, онкологическая, кардиологическая, пульмонологическая, общая терапевтическая.

Непрерывность и основательность, комплексность, доступность, гибкость, как основные принципы медицинской реабилитации, изложенные еще в 1980 году К. Ренкером [Ренкер, 1980] при всей своей актуальности в настоящее время, к сожалению, в практике отечественного здравоохранения реализованы не в полной мере.

Потенциал рынка реабилитационной медицины в России огромен, однако его развитие сдерживает целый ряд ограничений. Среди них:

- отсутствие единой системы организаций медицинской реабилитации;
- запоздалая реабилитация;
- отсутствие преемственности мероприятий, проводимых на разных этапах медицинской реабилитации;
- выбор реабилитационных методов и программ и их эффективность в недостаточной мере обоснованы, как и инструменты контроля за изменением состояния пациента;
- предлагаемые программы реабилитации устарели, не соответствуют ожиданиям потребителей;
- неэффективные модели программ по подготовке кадров в сфере медицинской реабилитации;
- смешивание функций профилактической и реабилитационной медицины;



- отсутствие современного оснащения реабилитационных подразделений или неполное соответствие продукции реабилитационной направленности требованиям потребителей;
- эксплуатация учреждений медицинской реабилитации не по профилю ведущей деятельности;
- недостаточная согласованность в проведении экспертизы состояния пациента с органами социальной защиты [Иванова, 2016].

Роль головной организации страны по медицинской реабилитации и курортологии выполняет ФГБОУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения РФ, где широко применяют методы физиотерапии, реализуется практически весь спектр услуг современных методов и ресурсов лечебной физкультуры и имеются научные подразделения (научно-исследовательский, научно-клинический, образовательный, организации санаторно-курортного дела, экспертизы природных лечебных ресурсов) [Федеральное государственное ...]. Работа с пациентами в учреждении, как и в других государственных реабилитационных центрах – отделении реабилитации НМХЦ им. Н.И. Пирогова, многопрофильном реабилитационном центре «Голубое» и др., осуществляется по квотам.

В государственных клиниках реабилитационная работа с пациентами осуществляется по квоте в порядке очереди, ожидание при этом может быть продолжительным. Некоторые виды реабилитации раньше финансировались по квотам на высокотехнологичную медицинскую помощь, но с 2017 года их порядок финансирования изменился. Сейчас они введены в структуру ОМС и будут финансироваться из бюджета ФОМС. Учреждениям санаторно-курортного комплекса сейчас заниматься медицинской реабилитацией и превращать это направление в основной профиль своей деятельности невыгодно. Те санатории, которые работают сегодня по программам реабилитации, фактически работают по себестоимости, несмотря на то, что тарифы на реабилитацию выше, чем просто на санаторно-курортное лечение. Оснащение санаторного комплекса специальным оборудованием, подъемниками автоматически повышает ценник и параллельно сужает спектр потенциальных его клиентов, которые хотели бы просто приехать поправить здоровье, не нуждаясь при этом в реабилитационных мероприятиях.

Еще одной проблемой в государственных клиниках является недостаток персонала. Например, в тех случаях, когда пациент не может сам себя обслуживать, требуется оплатить работу сиделки и некоторые дополнительные услуги. Стоимость платных услуг в государственных реабилитационных центрах часто сопоставима с частными центрами, и колеблется в зависимости от заболевания и предложенной реабилитационной программы [Дашковский, 2016]. Осознавая дефицит качественного предложения со стороны государства, рынок постепенно начинают осваивать частные сети. Новые проекты частного бизнеса в сфере реабилитационной медицины появляются в тех сферах, где наблюдается высокий спрос: последствия инсультов и травм, кардиология и онкология, постоянный длительный уход.

Не все коммерческие центры работают по квоте, но принимают тяжелых больных и больных, переживших критические состояния, действуют без промедления, практикуют прогрессивные мировые методики и индивидуальный подход. При этом ценовая политика частных реабилитационных центров разнообразна. В одних оплата посуточная, определяется количеством услуг. Лечебная медицина в спортивных залах – от 3 тысяч рублей за сеанс. В среднем в сутки стоимость проживания варьирует от 10 до 12 тысяч, а медицинских услуг по реабилитационной программе – 10–15 тысяч рублей в день [Дашковский, 2016]. Другие частные центры устанавливают фиксированную стоимость полного курса реабилитации. Например, реабилитационная программа после инсульта составляет 100 тысяч рублей и выше. Некоторые коммерческие учреждения работают по системе «все включено», которая имеет свои преимущества, позволяя не беспокоиться о дополнительных расходах. При этом средняя стоимость месячного курса реабилитации в частном центре Москвы и Подмосковья может

достигать 300–500 тысяч рублей в зависимости от заболевания, предложенной программы и применяемых методов [Центры ...].

Медицинская реабилитация – такой же дорогостоящий процесс, как и лечение, однако более длительный, при этом суммарные затраты на эти цели возрастают. Ежегодно десятки тысяч пациентов после врожденных или приобретенных заболеваний, операций и травм недополучают необходимую им по состоянию здоровья реабилитацию. Так, в нейрореабилитации и ортопедической реабилитации большое количество пациентов своевременно не получают качественную помощь, удовлетворяются лишь 10–15 % потребностей. Несмотря на высокий спрос, по оценкам экспертов, ежегодно около 80 тысяч пациентов нуждаются в реабилитации. Частные реабилитационные учреждения принимают менее тысячи. Одна из ключевых причин несоответствия спроса и предложения на современном рынке отечественной реабилитационной медицины – объективно низкая платёжеспособность населения. Определенный потенциал для развития частных реабилитационных учреждений обеспечивают крупные города и, в первую очередь, Москва и ее окрестности и Санкт-Петербург [Дашковский, 2016].

Взаимодействие государства и частных клиник возможно посредством создания государственно-частных партнерств [Стародубов, 2011]. Для государства в сфере сотрудничества основной эффект заключается в экономии бюджетных средств и привлечении частных инвестиций в государственный сектор здравоохранения [Тоцкая, 2015]. Частные компании заинтересованы при условии инвестиционной привлекательности здравоохранения. В совокупности государственно-частные партнерства позволяют решать задачи обеспечения населения медицинской реабилитационной помощью, в основе которой доступность, безопасность, качество и эффективность.

В.М. Цлаф отмечает, что реализация моделей государственно-частного партнерства в сфере медицинской реабилитации также позволит решить ряд сложных вопросов, среди которых введение механизмов государственных закупок, подготовка учебных центров для специалистов по консультированию и экспертизе проектов государственно-частного партнерства и др. [Цлаф, 2010].

На сегодня медицинское государственно-частное партнерство в сфере реабилитации работает в Москве. Коммерческие учреждения успешно конкурируют с государственными клиниками за квоты, часто выигрывая у них по цене. Ежегодно общая сумма договоров на реабилитацию граждан с частными клиниками превышает 200 млн руб. [Дашковский, 2016].

Эксперты подчеркивают: отсутствие грамотной и эффективной медицинской реабилитации в России – многофакторная проблема. Имеется колоссальный недостаток или даже полное отсутствие стационарных и амбулаторных отделений реабилитации; нехватка медицинского персонала – реабилитологов, кинезитерапевтов, инструкторов лечебной физической культуры (ЛФК), массажистов, логопедов, эрготерапевтов, психологов; нет адекватных образовательных программ для врачей; не хватает реабилитационного оборудования. Только применение активной реабилитации с высокотехнологичными методами способно восстановить функциональную деятельность.

Развитие рынка реабилитационной медицины, в том числе ее коммерческого сегмента, определило подготовку квалифицированных кадров в этом направлении среди образовательных учреждений. В девяти медицинских вузах и двух университетах РФ подготовлен профессорско-преподавательский состав и началось обучение по новым образовательным программам, утвержденным Министерством здравоохранения Российской Федерации, в рамках дополнительного профессионального образования и переподготовки новых моделей специалистов для медицинской реабилитации.

Профессиональным медицинским сообществом разработаны и утверждены пятьдесят три клинические рекомендации по вопросам реабилитационного процесса, пять новых профессиональных стандартов для проведения мультидисциплинарной медицинской реабилитации на современном уровне в соответствии с международными стандартами и рекомендациями: врача физической и реабилитационной медицины (в действующей модели –

врач по профилю оказываемой помощи, врач ЛФК, врач-физиотерапевт, кинезотерапевт или физического терапевта (в действующей модели – инструктор-методист по ЛФК, медицинская сестра по массажу, медицинская сестра по физиотерапии), эртотерапевт, клинического логопеда (в действующей модели – логопед), клинического психолога [Иванова, 2018].

В последние 20 лет ведутся разработки роботизированных комплексов с задаваемыми программами физиологических алгоритмов движений обездвиженного в результате травмы или заболевания тела пациента, что обеспечило качественно новые возможности реабилитации. В настоящее время созданы и тестируются для реабилитации экзоскелеты ReWalk (производитель ARGO Medical Technologies, Израиль), REX (производитель REX Bionics, Новая Зеландия), HAL (производитель Cyberdyne, Япония), Ekso (производитель Ekso Bionics, США) и первый российский экзоскелет «ЭкзоАтлет» (производитель ООО «ЭкзоАтлет»). Тренировки в экзоскелете обеспечивают вертикализацию и имитацию самостоятельного передвижения после инвалидной коляски, активацию и укрепление костно-мышечной системы, позитивное восприятие пациентом сдвигов в состоянии здоровья, но обязательность присутствия ассистента в тренировочном процессе ограничивает использование медицинского роботизированного комплекса вне учреждения [Карева, 2018; Потеряева, 2019].

В 2012 году Министерство здравоохранения Российской Федерации издало приказ «О порядке организации медицинской реабилитации» [О порядке ...], который регламентировал организацию медицинской реабилитации взрослых и детей на основе комплексного использования природных лечебных факторов, лекарственных, немедикаментозной терапии и других методов.

Однако в настоящее время проходит обсуждение новый приказ «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых». В проекте нового приказа подчеркивается, что медицинская реабилитация осуществляется не просто медицинскими организациями, имеющими лицензию на медицинскую деятельность, а организациями государственной, муниципальной и частной систем здравоохранения и индивидуальными предпринимателями, при получении лицензии на медицинскую деятельность, с указанием работ (услуг) по медицинской реабилитации в качестве составляющей части лицензируемого вида деятельности.

Медицинская реабилитация планируется к осуществлению в три этапа, как и отражено в действующем приказе. Но на первом этапе реабилитации подробнее выделены профили подразделений. Первый этап медицинской реабилитации проводится в структурных подразделениях, оказывающих специализированную, в том числе высокотехнологичную медицинскую помощь по профилю «анестезиология и реанимация» и в профильных отделениях медицинских организаций, оказывающих специализированную, в том числе высокотехнологичную, медицинскую помощь, (неврология, травматология и ортопедия, сердечно-сосудистая хирургия, кардиология, онкология и другая соматическая патология) в условиях, обеспечивающих круглосуточное медицинское наблюдение и лечение. Второй этап медицинской реабилитации осуществляется в одно- или многопрофильных стационарных отделениях медицинской реабилитации, центрах медицинской реабилитации, санаторно-курортных организациях в условиях, обеспечивающих круглосуточное медицинское наблюдение и лечение. Третий этап медицинской реабилитации проводится в амбулаторных условиях, который не включает круглосуточное медицинское наблюдение и лечение: в амбулаторном отделении (кабинете) медицинской реабилитации, на дому, в дневном реабилитационном центре, в организациях здравоохранения – прибегать к условиям, обеспечивающим медицинское наблюдение и лечение в соответствии с данным Приказом.

Также в новом приказе детализируются некоторые мероприятия. Например, на первом этапе в профильных отделениях планируется осуществлять мероприятия по медицинской реабилитации ежедневно длительностью реабилитационных мероприятий не менее 1 часа, но не более 3 часов работы, непосредственно на территории отделений [Об утверждении ...].

В связи с большим количеством инфарктов и инсультов актуальным остается вопрос реабилитации этих пациентов и вовлечения их в активные слои общества. Чем раньше

начинается реабилитация, тем успешнее и быстрее пациенту вернуться утраченные функции. Но на практике из-за недостатка персонала важнейший этап ранней реабилитации оказывается неэффективным, пациента выписывают лежащим или, в лучшем случае, переводят в отделение реабилитации, которое имеется лишь в некоторых больницах крупных городов. Отдельные государственные реабилитационные центры Фонда обязательного медицинского страхования готовы предоставить аналогичные услуги, но не хватает персонала для индивидуального подхода. Третий этап – амбулаторная реабилитация – также осуществляется Фондом обязательного медицинского страхования. Тем не менее существуют важные дополнительные услуги, которые улучшают качество жизни и должны быть оплачены родственникам.

Срок ожидания направления в центр реабилитации может составлять до нескольких месяцев, а после инсульта ранняя реабилитация критична. Далеко не во всех центрах практикуется активный и комплексный подход к реабилитации, а значит, шансы на максимальное восстановление уменьшаются. Реабилитация в платных медицинских центрах носит качественный характер, четко нацелена на восстановление функций, но не доступна для основной части населения. Один из возможных вариантов – оплата реабилитолога (или массажиста, врача ЛФК), приходящего на дом, обходится дешевле, но по стоимости все равно достаточно дорого. Реабилитолог проводит пассивную гимнастику, разработку суставов, массаж, но он не всегда умеет обучать пациента самостоятельно вставать, правильно переносить вес тела, наклоняться, переходить на стул и возвращаться в кровать.

Если пациент требует ухода, то родственникам приходится оплачивать также сиделку, которая выполняет необходимые процедуры жизнеобеспечения, помогает восстанавливать бытовые навыки, но не обеспечивает реабилитацию. Поэтому в настоящее время существует проблема, когда соблюдение принципов медицинской реабилитации (обоснованность, этапность, непрерывность, преемственность) возможно только в крупных городах и не обеспечивает спроса. Наличие мультидисциплинарного подхода к осуществлению реабилитационных мероприятий также проявляется лишь фрагментарно в учреждениях городов-миллионеров.

В настоящее время крупные исследовательские центры в мире и в Российской Федерации пытаются проводить реабилитацию дистанционно (в областях лечебной гимнастики, логопедии и нейропсихологической коррекции, психологического консультирования в режиме видеоконференцсвязи, использования виртуальной реальности и биологических технологии обратной связи, механотерапия).

Развитию дистанционной реабилитации способствует телемедицина, однако применение в широкой клинической практике «удаленного» режима контакта пациента и врача пока возможно лишь в ограниченных случаях [Снопков, 2016]. Сложившийся комплекс социально-экономических факторов, определяющих здоровье, показывает, что финансовая обеспеченность населения является одним из ключевых факторов, определяющих доступность качественных медицинских услуг реабилитационных программ [Римашевская, 2014]. Отечественные исследователи и медицинское сообщество среди ведущих причин низких показателей общественного здоровья в России указывают недостаточное финансирование системы здравоохранения и неравенство в отношении доступа качественной медицинской помощи для разных социальных слоев населения [Тагаева, 2017].

Выводы

Такие факторы общественного здоровья, как рост заболеваемости, инвалидизация, временная утрата трудоспособности, преждевременная смертность населения требуют развития рынка реабилитационной медицины в РФ. Существенным фактором ухудшения здоровья населения являются финансовая недоступность широким слоям населения реабилитационных услуг, государственное недофинансирование на медицинские цели, в том числе на дорогостоящую реабилитацию. Медицинская реабилитация в РФ имеет ряд проблем, среди которых отсутствие персонифицированного подхода, непрерывности и комплексности. Положительными аспектами являются разработка новых технологий медицинской



реабилитации, в том числе на основе телемедицины и IT-технологий, подготовка новых профессиональных стандартов для медицинской реабилитации на современном уровне в соответствии с международными стандартами и рекомендациями.

Список литературы

1. Биктимирова З.З. 2006. Здоровье – важнейший индикатор качества жизни. Экономика региона. 3(7): 56–65.
2. Бокерия Л.А., Ступаков И.Н., Гудкова Р.Г. 2006. Заболеваемость и врожденные пороки системы кровообращения у детей (распространенность и коррекция). Детские болезни сердца и сосудов. 1: 3–10.
3. Горошко Н.В., Емельянова Е.К. 2019. Старение населения как фактор развития российского рынка патронажного ухода и паллиативной помощи гражданам пожилого возраста. Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2 (17). URL <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2019/2/00736.pdf>. (дата обращения: 28 февраля 2020).
4. Дашковский И. 2016. Посттравматический доход. Сколько зарабатывают на реабилитационной медицине. Коммерсантъ Деньги. 18 от 09.05.2016. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2967698> (дата обращения: 28 февраля 2020).
5. Демография. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/folder/12781> (дата обращения: 28 февраля 2020).
6. Егиазарян К.А., Черкасов С.Н., Ратаев А.П., Аттаева Л.Ж. 2017. Анализ структуры травматизма среди взрослого населения в разрезе федеральных округов Российской Федерации. Кафедра травматологии и ортопедии. 1(21): 28–30
7. Жученко Л.А. 2003. Профилактика врожденных пороков развития. Российский вестник акушера-гинеколога. 1: 64–69.
8. Здравоохранение. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/folder/13721> (дата обращения: 28 февраля 2020).
9. Иванова Г.Е. 2018. Как организовать медицинскую реабилитацию? Вестник восстановительной медицины. 2 (84): 2–12
10. Иванова Г.Е. 2016. Медицинская реабилитация в России. Перспективы развития. Consilium Medicum. 18 (2–1): 9–13.
11. Карева Н.П., Шелякина О.В., Павлова Е.В. 2018. Перспективы антропоморфной робототехники в восстановлении пациентов после травмы спинного мозга (обзор литературы). Современные проблемы науки и образования. 6: 134.
12. Кислицына О.А. 2015. Влияние социально-экономических факторов на состояние здоровья: роль абсолютных или относительных лишений. Журнал исследований социальной политики. 13 (2): 289–302.
13. Клименко Т.М., Левченко Л.А., Воробьева О.В., Дутов Е.М., Герасимов И.Г. 2010. Эффективность клинической оценки состояния недоношенных новорожденных с очень низкой массой тела. Современная педиатрия. 4 (32): 94.
14. Ковальчук В.В. и др. 2017. Пациент после сосудистой катастрофы: принципы реабилитации и особенности ведения. Consilium Medicum. 19 (9): 18–25.
15. «О порядке организации медицинской реабилитации». Приказ Министерства здравоохранения РФ от 29 декабря 2012 г. N 1705н. Законы, кодексы, нормативно-правовые акты Российской Федерации. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdrava-rossii-ot-29122012-n-1705n/> (дата обращения: 28 февраля 2020).
16. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. 2019. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 254 с.
17. «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых» Проект Приказа Министерства здравоохранения РФ (подготовлен Минздравом России 20.08.2019). Гарант. РУ. Информационно-правовой портал. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56703435/> (дата обращения: 28 февраля 2020).
18. Пороки развития. Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/congenital-anomalies> (дата обращения: 28 февраля 2020).
19. Потеряева Е.Л., Смирнова Е.Л., Несина И.А. 2019. Опыт реализации реабилитационной стратегии в Сибирском регионе (на примере Новосибирской области). Материалы научно-

практической конференции с международным участием Современная стратегия развития курортного природопользования в Сибири. Новосибирск: Наука: 119–123.

20. Регионы России. Социально-экономические показатели, 2018 г. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156 (дата обращения: 28 февраля 2020).

21. Ренкер К. 1980. Основы реабилитации: науч. обзор. М.: 116.

22. Римаевская Н.М., Русанова Н.Е. 2014. О новых критериях оценки здоровья населения России: проблемы и подходы. Вопросы статистики. 2: 17–21.

23. Рожденные слишком рано. Доклад о глобальных действиях в отношении преждевременных родов. Всемирная организация здравоохранения. URL: https://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/born_too_soon/ru/ (дата обращения: 28 февраля 2020).

24. Снопков П.С. и др. 2016. Дистанционная реабилитация: истоки, состояние, перспективы. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 13 (3): 141–145.

25. Стародубов В.И., Кадыров Ф.Н. 2011. Новые экономические условия деятельности учреждений здравоохранения. Менеджер здравоохранения. 6: 6–13.

26. Тагаева Т.О., Казанцева Л.К. 2017. Направления современной политики в области здравоохранения с целью улучшения общественного здоровья в Российской Федерации. Интерэкспо Гео-Сибирь. 3 (2): 28–34.

27. Тоцкая Е.Г. и др. 2015. Организация реабилитационной помощи населению с использованием инновационных медико-организационных технологий и принципов государственно-частного партнерства. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 23 (5): 23–27.

28. Умнова М.С., Пашенко М.А. 2016. Значение медицинской реабилитации в системе охраны здоровья населения. Бюллетень Медицинских интернет-конференций Издательство: Наука и инновация (Саратов). 6 (5): 445–448.

29. Условия труда. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/wages/working_conditions/# (дата обращения: 28 февраля 2020).

30. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России. URL: <http://www.nmicrk.ru> (дата обращения: 28 февраля 2020).

31. Центры медицинской реабилитации: лучшие клиники Москвы и Московской области. Аргументы и факты. URL: <https://aif.ru/boostbook/reabilitatsionnye-tsentry.html> (дата обращения: 28 февраля 2020).

32. Цаф В.М. 2010. Государственно-частные партнерства в здравоохранении: эффективные решения. Менеджер здравоохранения. 11: 31–41.

33. Шабунова А.А. 2010. Здоровье населения в России: состояние и динамика. Вологда: ИСЭРТ РАН, 408.

References

1. Biktimirova Z.Z. 2006. Zdorov'e – vazhneyshiy indikator kachestva zhizni [Health is an essential indicator of quality of life]. Ekonomika regiona. 3(7): 56–65.

2. Bokeriya L.A., Stupakov I.N., Gudkova R.G. 2006. Zabolevaemost' i vrozhdennyye poroki sistemy krovoobrashcheniya u detey (rasprostranennost' i korrektsiya) [Incidence and congenital malformations of the circulatory system in children (prevalence and correction)]. Detskie bolezni serdtsa i sosudov. 1: 3–10.

3. Goroshko N.V., Emel'yanova E.K. 2019. Starenie naseleniya kak faktor razvitiya rossiyskogo rynka patronazhnogo ukhoda i palliativnoy pomoshchi grazhdanam pozhilogo vozrasta [Aging of the population as a factor in the development of the Russian market for foster care and palliative care for elderly citizens]. Elektronnyy nauchno-metodicheskiy zhurnal Omskogo GAU. 2 (17) URL <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2019/2/00736.pdf>. (accessed: 28.02.2020).

4. Dashkovskiy I. 2016. Posttravmaticheskiy dokhod. Skol'ko zarabatyvayut na reabilitatsionnoy meditsine [Post-traumatic income. How much do they make on rehabilitation medicine]. Kommersant Den'gi. 18 09.05.2016 URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2967698> (accessed: 28.02.2020).

5. Demografiya. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Demography. Federal State Statistics Service]. URL: <https://www.gks.ru/folder/12781> (accessed: 28.02.2020).



6. Egiazaryan K.A., Cherkasov S.N., Rataev A.P., Attaeva L.Zh. 2017. Analiz struktury travmatizma sredi vzroslogo naseleniya v razreze federal'nykh okrugov Rossiyskoy Federatsii [Analysis of the structure of injuries among adults in the context of federal districts of the Russian Federation]. Kafedra travmatologii i ortopedii. 1(21): 28–30.
7. Zhuchenko L.A. 2003. Profilaktika vrozhdennykh porokov razvitiya [Prevention of congenital malformations]. Rossiyskiy vestnik akushera-ginekologa. 1: 64–69.
8. Zdravookhranenie. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Health. Federal State Statistics Service]. URL: <https://www.gks.ru/folder/13721> (accessed: 28.02.2020).
9. Ivanova G.E. et al. 2018. Kak organizovat' meditsinskuyu reabilitatsiyu [How to organize medical rehabilitation]? Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny. 2 (84): 2–12.
10. Ivanova G.E. Meditsinskaya reabilitatsiya v Rossii [Medical rehabilitation in Russia]. Perspektivy razvitiya. G.E. Ivanova. Consilium Medicum. 2016 P. 18 № 2–1 9–13.
11. Kareva N.P., Shelyakina O.V., Pavlova E.V. 2018. Perspektivy antropomorfnoy robototekhniki v vosstanovlenii patsientov posle travmy spinnoy mozga (obzor literatury) [Prospects for anthropomorphic robotics in the recovery of patients after spinal cord injury (literature review)]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 6: 134.
12. Kislitsyna O.A. 2015. Vliyanie sotsial'no-ekonomicheskikh faktorov na sostoyanie zdorov'ya: rol' absolyutnykh ili otnositel'nykh lisheniy [The influence of socio-economic factors on health: the role of absolute or relative deprivation]. Zhurnal issledovaniy sotsial'noy politiki. 13 (2): 289–302.
13. Klimenko T.M. et al. 2010. Effektivnost' klinicheskoy otsenki sostoyaniya nedonoshennykh novorozhdennykh s ochen' nizkoy massoy tela [The effectiveness of the clinical assessment of the condition of premature infants with very low body weight]. Sovremennaya pediatriya. 4 (32): 94.
14. Koval'chuk V.V. et al. 2017. Patsient posle sosudistoy katastrofy: printsipy reabilitatsii i osobennosti vedeniya [A patient after a vascular accident: principles of rehabilitation and management features]. Consilium Medicum. 19 (9): 18–25.
15. "O poryadke organizatsii meditsinskoy reabilitatsii" ["On the procedure for organizing medical rehabilitation."]. Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya RF ot 29 dekabrya 2012 g. N 1705n. Zakony, kodeksy, normativno-pravovye akty Rossiyskoy Federatsii. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdrava-rossii-ot-29122012-n-1705n/> (accessed: 28.02.2020).
16. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii v 2018 godu: Gosudarstvennyy doklad. 2019 [On the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2018: State report. 2019.]. M.: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka: 254.
17. "Ob utverzhdenii Poryadka organizatsii meditsinskoy reabilitatsii vzroslykh" ["On approval of the organization of medical rehabilitation of adults"]. Proekt Prikaza Ministerstva zdravookhraneniya RF (podgotovlen Minzdravom Rossii 20.08.2019). Garant. RU. Informatsionno-pravovoy portal. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56703435/> (accessed: 28.02.2020).
18. Poroki razvitiya. Vsemirnaya organizatsiya zdravookhraneniya [Malformations. World Health Organization.]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/congenital-anomalies> (accessed: 28.02.2020).
19. Poteryaeva E.L., Smirnova E.L., Nesina I.A. 2019. Opyt realizatsii reabilitatsionnoy strategii v Sibirskom regione (na primere Novosibirskoy oblasti) [Experience in implementing a rehabilitation strategy in the Siberian region (on the example of the Novosibirsk region)]. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem Sovremennaya strategiya razvitiya kurortnogo prirodopol'zovaniya v Sibiri. Novosibirsk: Nauka: 119–123.
20. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli, 2018 g. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. [Regions of Russia. Socio-economic indicators, 2018 Federal State Statistics Service] URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156 (accessed: 28.02.2020).
21. Renker K. 1980. Osnovy reabilitatsii: nauch. Obzor [Rehabilitation Basics: A Scientific Review]; M.: 116.
22. Rimashevskaya N.M., Rusanova N.E. 2014. O novykh kriteriyakh otsenki zdorov'ya naseleniya rossii: problemy i podkhody. Voprosy statistiki [On new criteria for assessing the health of the population of Russia: problems and approaches. Statistics Issues]. 2: 17–21.
23. Rozhdennyye slizhkom rano. Doklad o global'nykh deystviyakh v otnoshenii prezhddevremennykh rodov. Vsemirnaya organizatsiya zdravookhraneniya [Born too early. Report on global action on preterm birth.].

World Health Organization]. URL: https://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/born_too_soon/ru/ (accessed: 28.02.2020).

24. Snopkov P.S. et al. 2016. Distantcionnaya reabilitatsiya: istoki, sostoyanie, perspektivy. Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya [Remote rehabilitation: sources, condition, prospects. Physiotherapy, balneology and rehabilitation]. 13 (3): 141–145.

25. Starodubov V.I., Kadyrov F.N. 2011. Novye ekonomicheskie usloviya deyatel'nosti uchrezhdeniy zdravookhraneniya [New economic conditions for healthcare institutions]. Menedzher zdravookhraneniya. 6: 6–13.

26. Tagaeva T.O., Kazantseva L.K. 2017. Napravleniya sovremennoy politiki v oblasti zdravookhraneniya s tsel'yu uluchsheniya obshchestvennogo zdorov'ya v rossiyskoy federatsii [Directions of modern health policy in order to improve public health in the Russian Federation]. Interekspo Geo-Sibir'. 3 (2): 28–34.

27. Totskaya E.G. et al. 2015. Organizatsiya reabilitatsionnoy pomoshchi naseleniyu s ispol'zovaniem innovatsionnykh mediko-organizatsionnykh tekhnologiy i printsipov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [Organization of rehabilitation assistance to the population using innovative medical and organizational technologies and principles of public-private partnership]. Problemy sotsial'noy gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny. 23 (5): 23–27.

28. Umnova M.S., Pashchenko M.A. 2016. Znachenie meditsinskoy reabilitatsii v sisteme okhrany zdorov'ya naseleniya Byulleten' Meditsinskikh internet-konferentsiy Izdatel'stvo: Nauka i innovatsiya (Saratov). 6 (5): 445–448.

29. Usloviya truda. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Working conditions. Federal State Statistics Service.]. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/wages/working_conditions/# (accessed: 28.02.2020).

30. Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie «Natsional'nyy meditsinskiy issledovatel'skiy tsentr reabilitatsii i kurortologii» Minzdrava Rossii [Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology" of the Ministry of Health of Russia.]. URL: <http://www.nmicrk.ru> (accessed: 28.02.2020).

31. Tsentry meditsinskoy reabilitatsii: luchshie kliniki Moskvy i Moskovskoy oblasti [Medical rehabilitation centers: the best clinics in Moscow and the Moscow region]. Argumenty i fakty. URL: <https://aif.ru/boostbook/reabilitatsionnye-tsentry.html> (accessed: 28.02.2020).

32. Tslaf V.M. 2010. Gosudarstvenno-chastnye partnerstva v zdravookhranении: effektivnye resheniya [Public-private partnerships in healthcare: effective solutions]. Menedzher zdravookhraneniya. 11: 31–41.

33. Shabunova A.A. 2010. Zdorov'e naseleniya v Rossii: sostoyanie i dinamika [Population health in Russia: state and dynamics]. Vologda: ISERT RAN: 408.

Ссылка для цитирования статьи For citation

Горошко Н.В., Емельянова Е.К. 2020. Общественное здоровье и его влияние на формирование рынка реабилитационной медицины в России. Экономика. Информатика. 47 (2): 295–307. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-295-307.

Goroshko N.V., Emelyanova E.K. 2020. Public health and its impact on the formation of the rehabilitation medicine market in Russia. Economics. Information technologies. 47 (2): 295–307 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-295-307.



УДК 338.012

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-308-316

ВЫЯВЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО РАСХОДОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF INDICATORS OF ENERGY EFFICIENCY OF THE ENTERPRISE AS THE BASIS OF RATIONAL CONSUMPTION OF FUEL AND ENERGY RESOURCES

И.А. Киршина**I.A. Kirshina**

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Россия, 620002, Уральский федеральный округ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin
19 Mira St., Yekaterinburg, Sverdlovsk Region, Ural Federal District, 620002, Russia

E-mail: i.kirshina@yandex.ru

Аннотация

Автором выявлена необходимость создания системной оценки и систематизации факторов энергоэффективности, которые оказывают влияние на расходование топливно-энергетических ресурсов промышленных предприятий. Проведен анализ работ отечественных ученых и специалистов в области определения и классификации факторов энергоэффективности промышленных предприятий. Анализ показал, что в данных исследованиях отображен неполный набор факторов и условий, влияющих на энергоэффективность использования топливно-энергетических ресурсов в промышленности Российской Федерации. Рассмотрены и сгруппированы факторы и условия, влияющие на энергоэффективность потребления природного газа промышленными предприятиями. Систематизация факторов энергоэффективности осуществлялась на примере предприятий металлургии, машиностроения и электроэнергетики на основе пяти наиболее значимых групп факторов: производственные, технологические, организационные, социально-экономические, климатические. Определены взаимосвязи компонентов классификации факторов, и выявлены ключевые предпосылки повышения энергоэффективности и повышения энергетической эффективности промышленных предприятий.

Abstract

The author revealed the need to create a systematic assessment of the systematization of energy efficiency factors that affect the consumption of fuel and energy resources of industrial enterprises. The analysis of research of domestic scientists and specialists in the field of determination and classification of factors of energy efficiency of industrial enterprises. The analysis showed that in these works an incomplete list of factors affecting the energy efficiency of the use of fuel and energy resources in the industry of the Russian Federation is presented. Factors and conditions affecting the energy efficiency of natural gas consumption by industrial enterprises are considered and grouped. The systematization of energy efficiency factors was carried out on the example of metallurgy, engineering and electric power enterprises on the basis of the five most significant groups of factors: production, technological, organizational, socio-economic, and climate. The interconnections of the components of the classification of factors are determined, and the key prerequisites for improving energy efficiency and improving energy efficiency of industrial enterprises are identified.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, факторы энергоэффективности, природный газ, промышленные предприятия.

Keywords: energy saving, energy efficiency, energy efficiency factors, natural gas, industrial enterprises.

Введение

На сегодняшний день трудно недооценивать значимость проблемы эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР) различными экономическими агентами. Большинство стран осознают необходимость изменения своих подходов к повышению эффективности использования ТЭР. Вопросы энергетической безопасности, социально-экономические последствия повышения стоимости энергетических ресурсов, а также распространение информации о глобальном изменении климата способствовали тому, что много стран стали уделять большее значение разработке стратегий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [Киршина, Федорова, 2020, р. 77; Башмаков, 2014; Башмаков, 2018].

Поиск решения этой задачи крайне значим для Российской Федерации, где удельное потребление ТЭР на производство единицы продукции в несколько раз превосходит аналогичные показатели в странах Западной Европы, Канады, США и Японии [Башмаков, 2012; Показатели энергоэффективности...].

Во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» перед Правительством Российской Федерации была поставлена задача снижения энергоемкости ВВП к 2020 г. не менее, чем на 40 % по сравнению с показателем 2007 г. [Государственный доклад...].

Согласно данным Министерства экономического развития России, отраженным в государственном докладе о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности, энергоемкость ВВП по итогам 2018 г. снизилась на 12 % по отношению к 2007 г., причем за последние четыре года она не претерпела изменений [Башмаков, 2016; Прогноз развития...].

Основные результаты исследования

В соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ от 23.11.2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» под энергетической эффективностью понимаются показатели, которые определяются непосредственно отношением полезного эффекта от использования ТЭР к затратам ТЭР, произведенным в целях производства продукции или выполнения производственного процесса [Федеральный закон...].

Формирование основных принципов рациональной политики в части энергосбережения предполагает наличие совокупности качественных, своевременных и сравнимых показателей, которые выходят далеко за пределы топливно-энергетических балансов и отражают специфические характеристики экономической деятельности и ресурсов, имеющих в каждой стране [Туликов, Туликова, 2012].

Создание механизма управления энергопотреблением промышленного предприятия предполагает систематизацию факторов повышения эффективности энергопотребления [Bonilla-Camposab, Nieto, 2020]. В классическом понимании факторы энергоэффективности представляют собой некоторые причины, воздействующие на удельное потребление энергоресурсов, и совокупность показателей, способствующих их экономному использованию [Киршина, Федорова, 2020; Марченко, Белова, 2019].

Компоненты и их параметры, оказывающие влияние на потребления ТЭР, могут быть схожими и существенно различаться между собой. Это зависит от региона, отрасли промышленности, типа предприятия, вида потребляемых ТЭР и др. факторов.



Поэтому к первоначальному этапу анализа воздействия различных факторов на уровень эффективности использования энергоресурсов предприятия относится то, как изучалась данная проблема специалистами в данной сфере. Данный подход поможет определить взаимосвязь факторов энергоэффективности и установить степень их влияния на потребление ТЭР [Дзюба, Соловьева, 2018; König, 2020].

Рассматриваемая область исследования связана с достаточно сложным и обширным объемом знаний, в становление и развитие которого внесли заметный вклад многие отечественные специалисты.

Результаты исследования проблем энергосбережения и повышения энергетической эффективности в различных отраслях народного хозяйства описаны в трудах И.А. Башмакова и ряда иностранных авторов [Башмаков, 2018; The impact...].

В.А. Кокшаровым в своих исследованиях проведена работа по выявлению взаимосвязи и систематизации факторов энергоэффективности предприятий с целью определения соответствующих показателей при формировании и реализации программ по экономии энергоресурсов в будущем. Большое значение представляет собой предложенная автором таблица взаимосвязи факторов энергоэффективности для последующего построения корреляционно-регрессионных моделей прогнозирования потребления ТЭР предприятиями [Кокшаров, 2016].

Некоторые специалисты рассматривают факторы энергоэффективности потребления энергоресурсов с точки зрения национальной экономики, зональных и региональных особенностей, модернизации и развития экономики, конкурентоспособности товаров и услуг [Киршина, Федорова, 2020; Лебедев, Летягина, 2014].

Л.А. Морулева в своей работе [Морулева, 2015] выделяет ряд факторов, оказывающих влияние на энергоэффективность экономики. К таким факторам относятся величина и структура валового внутреннего продукта, величина физического и морального износа технологического оборудования, состояние нормативно-правовой базы в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Также к значимым факторам автор относит потенциал энергосбережения в различных секторах экономики, использование различных инструментов и методических подходов в области энергосбережения, уровень осведомленности и вовлеченности персонала в процесс энергосбережения и эффективного использования ТЭР.

Сформированная Л.А. Головановой и А.А. Московцевой группировка показателей энергоэффективности подразумевает два уровня: факторы первого и второго порядков. На первом уровне осуществляется внешнее и внутреннее влияние на энергоэффективность использования ТЭР. На втором уровне внешние факторы подразделяются на прямые и косвенные. Внешние прямые факторы включают в себя энергетические затраты при создании промышленной продукции и меры отраслевого управления энергосбережением. Внешние косвенные факторы определяются политическими, экологическими и территориальными условиями [Киршина, Федорова, 2020].

В свою очередь, к внутренним факторам авторы относят условно объективные (энергосберегающие технологии, энерговооруженность персонала) и условно субъективные (источники финансирования, информация по энергосбережению) [Киршина, Федорова, 2020; Голованова, Московцева, 2014].

В работе А.П. Дзюбы и И.А. Соловьевой приведены различные типы факторов, влияющие на параметры графиков спроса на природный газ промышленными предприятиями. Авторами статьи рассмотрены факторы, оказывающие воздействие на характеристики графиков потребления природного газа промышленными предприятиями [Дзюба, Соловьева, 2018]. Предложенная систематизация факторов имеет серьезный недостаток, так как не учитывает очень важную группу организационных факторов (что является также недостатком целого ряда существующих подходов к систематизации факторов), и является принципиальным моментом в систематизации факторов энергоэффективности потребления природного газа промышленными предприятиями.

Анализ вышеперечисленных научных точек зрения касательно процессов энергосбережения позволяет установить, что в данных исследованиях представлен

ограниченный перечень факторов, влияющих на энергоэффективность использования ТЭР в промышленности. В частности, четко не выделяются организационные факторы, которые, являясь интеграционными, обеспечивают соединение всех факторов в единый процесс и позволяют выходить на систему показателей для оценки степени достижения целей организации производства, что является необходимой основой стратегического управления потреблением природного газа [Huysmana, Sala, 2015].

Процесс управления потреблением природного газа промышленными предприятиями в современных условиях требует принципиально нового механизма повышения энергоэффективности. Для этого необходимо обозначить факторы, которые тем или иным способом оказывают влияние на величину потребления природного газа. [Киршина, Федорова, 2020; Ишков, Цыбульский и др., 2013]

Прежде чем снижать потребление газа промышленным предприятием, необходимо определить, от чего оно зависит и какого характера эта зависимость. Поскольку крупнейшими потребителями природного газа среди отраслей экономики России являются металлургия, электроэнергетика и машиностроение, рассмотрим систематизацию факторов энергоэффективности на их примере. В металлургии и машиностроении природный газ широко используют при выплавке чугуна и для нагрева прокатных, кузнечных и плавильных печей, в электроэнергетике – для генерации электрической энергии.

На рис. 1 представлена классификация факторов энергоэффективности в различных отраслях промышленности России.



Рис. 1. Систематизация факторов, влияющих на достижение целей организации при потреблении природного газа на промышленных предприятиях

Fig. 1. Systematization of factors affecting the achievement of the organization's goals when consuming natural gas in industrial enterprises

Источник: составлено автором

Систематизация факторов осуществлялась посредством их группировки на 5 типов:

- производственные;
- технологические;
- организационные;
- социально-экономические;
- климатические.

Производственные, технологические и организационные факторы, в свою очередь, относятся к технологии производства. На эти факторы предприятие сильно воздействовать не может, однако обязано учитывать и использовать их в своей деятельности. Организационные факторы позволяют соединить все факторы в единый процесс для эффективной оценки степени достижения целей организации производства, что является необходимой основой стратегического управления потреблением природного газа.

Их наличие является определяющим моментом при систематизации факторов энергоэффективности потребления природного газа промышленными предприятиями.

Социально-экономические и климатические факторы энергоэффективности представляют собой группы «отопительные нужды и вспомогательное производство». Предприятие может активно воздействовать на них и пытаться снизить влияние этих факторов до определённого уровня.

Важным аспектом изучения проблемы эффективного расходования ТЭР на предприятии является оценка взаимосвязи между величиной потребления топлива промышленными предприятиями и различными факторами. В работе [Киршина, Федорова, 2020] авторами была рассмотрена степень влияния различных факторов энергоэффективности на расход природного газа в металлургии, электроэнергетике и машиностроении (табл. 1) [Киршина, Федорова, 2020].

Определение степени воздействия факторов на потребление ТЭР способствует грамотному формированию энергосберегающей стратегии предприятия.

Таблица 1

Table 1

Влияние факторов энергоэффективности на организацию производства промышленного предприятия

The influence of energy efficiency factors on the organization of production of an industrial enterprise

Степень влияния фактора	Отрасль экономики		
	Металлургия	Электроснабжение	Машиностроение
1	2	3	4
Высокая	План производства продукции; Загрузка производственных мощностей; Особенности технологического производства; Класс энергоэффективности оборудования; Планирование энергопотребления производственных ресурсов	План производства продукции; Загрузка производственных мощностей; Особенности технологического производства; Калорийность сжигаемого газа; Класс энергоэффективности оборудования; Планирование энергопотребления производственных ресурсов	План производства продукции; Длительность производственного цикла; Класс энергоэффективности оборудования;

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Средняя	Структура производства; Производственная программа предприятия; Графики процессов производства; Графики работы производственных смежных процессов; Физический износ зданий; Физические характеристики обрабатываемого сырья; Режимы технологических процессов; Длительность производственного цикла; Концентрация, специализация и оптимизация производственных процессов; Формирование программы энергосбережения; Анализ и контроль производственных процессов	Структура производства Производственная программа предприятия Графики процессов производства Графики работы производственных смежных процессов Физический износ зданий; Режимы технологических процессов; Формирование программы энергосбережения; Анализ и контроль производственных процессов	Загрузка производственных мощностей Физический износ зданий Особенности технологического производства Физические характеристики обрабатываемого сырья Режимы технологических процессов; Длительность производственного цикла; Планирование энергопотребления производственных ресурсов; Формирование программы энергосбережения; Анализ и контроль производственных процессов
Низкая	Уровень подготовки персонала; Доля загрузки оборудования; Калорийность сжигаемого газа; Выход тепловых ВЭР; Уровень износа оборудования; Баланс производственных мощностей; Система энергетического менеджмента; Составление энергетического паспорта; Внедрение энергосервисных контрактов	Уровень подготовки персонала; Физические характеристики обрабатываемого сырья; Доля загрузки оборудования; Выход тепловых ВЭР; Уровень износа оборудования; Баланс производственных мощностей; Концентрация, специализация и оптимизация производственных процессов; Система энергетического менеджмента; Составление энергетического паспорта; Внедрение энергосервисных контрактов	Структура производства; Производственная программа предприятия; Графики процессов производства; Графики работы производственных смежных процессов; Уровень подготовки персонала; Доля загрузки оборудования; Калорийность сжигаемого газа; Выход тепловых ВЭР; Уровень износа оборудования; Баланс производственных мощностей; Концентрация, специализация и оптимизация производственных процессов; Система энергетического менеджмента; Составление энергетического паспорта; Внедрение энергосервисных контрактов

Источник: [Киршина, Федорова, 2020].



Заключение

За последние десять лет процесс энергосбережения в стране резко замедлился, энергоемкость ВВП Российской Федерации снизилась всего на 9 %, а отставание в организационном и технологическом плане от развитых стран в настоящее время по-прежнему не уменьшается. Структурные сдвиги на уровне ряда секторов экономики и другие факторы не способствовали снижению энергоемкости ВВП страны. Построение эффективной системы управления энергосбережением и повышением энергоэффективности является ключевым фактором успешного функционирования как промышленных предприятий, так и экономики страны в целом.

В работе проведен анализ основных подходов к систематизации и классификации факторов энергоэффективности потребления топливно-энергетических ресурсов. В рассмотренных подходах выявлено отсутствие группы организационных факторов. Данные факторы являются интеграционными и обеспечивают соединение всех рассматриваемых факторов в единый процесс, что является необходимой основой стратегического управления потреблением природного газа промышленными предприятиями.

Предложенная классификация факторов энергоэффективности среди промышленных предприятий позволяет определить взаимосвязь ключевых компонентов, обеспечивающих предпосылки для сбережения энергии на промышленных предприятиях. Данная типология определяет ключевые особенности формирования энергоэффективности потребления природного газа промышленными предприятиями в России.

Список литературы

1. Башмаков И.А. 2014. За счет чего снижается энергоемкость ВВП России. Энергосбережение, (№ 1): 12–18;
2. Башмаков И.А., Башмаков В.И. 2012. Политика повышения энергоэффективности России, Энергосбережение, (№ 4): 10–16;
3. Башмаков И.А. 2018. Что происходит с энергоемкостью ВВП России? Экологический вестник России, (№ 7):18–29;
4. Башмаков И.А. 2016. Энергопотребление регионов России. О реальной динамике и о качестве статистики. Энергосбережение, (№ 5):24–29;
5. Голованова Л.А., Московцева А.А. 2014. Факторы и условия энергоэффективности в промышленности. Вестник ТОГУ, № 3(34): 137–146;
6. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации URL:<https://www.economy.gov.ru/material/file/d81b29821e3d3f5a8929c84d808de81d/energyefficiency2019.pdf> (дата обращения 25 февраля 2020);
7. Дзюба А.П., Соловьева И.А. 2018. Краткосрочное прогнозирование параметров потребления природного газа как элемент ценозависимого управления энергозатратами на промышленных предприятиях. Вестник ВолГУ. Серия 3, Экономика. Экология. Т. 20 (№ 1):78–90;
8. Ишков А.Г., Цыбульский П.Г., Пыстина Н.Б. и др. 2013. Стратегия формирования методов управления энергосбережением в ОАО «Газпром». Вести газовой науки: охрана окружающей среды, энергосбережение и охрана труда в нефтегазовом комплексе: инновации, технологии, перспективы, № 2 (13):14–20;
9. Кокшаров В.А. 2016. Систематизация факторов энергоэффективности промышленного предприятия. Вестник Пермского университета. Серия: экономика, 1(28): 147–156;
10. Киршина И.А., Федорова С.Е. Систематизация факторов энергоэффективности потребления природного газа промышленными предприятиями. 2020. Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом, № 4(184): 77–79.
11. Лебедев Ю.А., Летягина Е.Н. 2014. Регрессионный анализ энергопотребления в промышленных регионах. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: социальные науки, № 3(35): 29–32;
12. Марченко Е.М., Белова Т.Д. Анализ факторов, влияющих на энергоэффективность региона: управленческий аспект. URL: <http://vestnik.uapa.ru/ru/issue/2015/04/15/> (дата обращения 12 января 2019);

13. Моралева Л.А. 2015. Анализ факторов, оказывающий влияние на энергоэффективность экономики. *Международный научно-исследовательский журнал*, 6–3 (37): 75–77;
14. Показатели энергоэффективности: основы формирования политики. URL: <https://altenergiya.ru/wp-content/uploads/books/common/pokazateli-energoeffektivnosti.pdf> (дата обращения 12.01.2019);
15. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. URL: <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf> (дата обращения 25 февраля 2020);
16. Туликов А.В., Туликова О.В. 2012. Механизмы повышения энергоэффективности, *Энергосбережение*, (№ 4): 4–10;
17. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
18. Alessandra Celani de Macedo, Nicola Cantore. The impact of industrial energy efficiency on economic and social indicators URL: https://www.feem.it/m/publications_pages/ndl2020-001.pdf (дата обращения 25 февраля 2020);
19. Iñigo Bonilla-Camposab, Nerea Nieto. 2020. Energy efficiency optimisation in industrial processes: Integral decision support tool. *Energy*, Volume 191.
20. Huysmana S., Sala S. 2015. Toward a systematized framework for resource efficiency indicators. *resources, conservation and recycling*, (95): 68–76;
21. König W. 2020. Energy efficiency in industrial organizations. A cultural-institutional framework of decision making, *energy research & social science*, volume 60;

References

1. Bashmakov I.A. 2014. Za schet chego snizhaetsya e`nergoemkost` VVP Rossii. *E`nergoberezhenie*, (№ 1): 12–18;
2. Bashmakov I.A., Bashmakov V.I. 2012. Politika povы`sheniya e`nergoe`ffektivnosti Rossii, *E`nergoberezhenie*, (№ 4): 10–16;
3. Bashmakov I.A. 2018. Chto proisxodit s e`nergoemkost`yu VVP Rossii? *E`kologicheskij vestnik Rossii*, (№ 7): 18–29;
4. Bashmakov I.A. 2016. E`nergopotreblenie regionov Rossii. O real`noj dinamike i o kachestve statistiki. *E`nergoberezhenie*, (№ 5): 24–29;
5. Golovanova L.A., Moskovceva A.A. 2014. Faktory` i usloviya e`nergoe`ffektivnosti v promы`shlennosti. *Vestnik TOGU*, № 3(34): 137–146;
6. Gosudarstvenny`j doklad o sostoyanii e`nergoberezheniya i povы`shenii e`nergeticheskoy e`ffektivnosti v Rossijskoj Federacii URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/d81b29821e3d3f5a8929c84d808de81d/energyefficiency2019.pdf> (дата обращения 25 февраля 2020);
7. Dzyuba A.P., Solov`eva I.A. 2018. Kratkosrochnoe prognozirovanie parametrov potrebleniya prirodnogo gaza kak e`lement cenzavisimogo upravleniya e`nergozatrataми na promы`shlennы`x predpriyatiyax. *Vestnik VolGU. Seriya 3, E`konomika. E`kologiya. T. 20* (№ 1): 78 – 90;
8. Ishkov A.G., Cybul`skij P.G., Py`stina N.B. i dr. 2013. Strategiya formirovaniya metodov upravleniya e`nergoberezheniem v OAO «Gazprom». *Vesti gazovoy nauki: Oхрана okruzhayushhej sredы`, e`nergoberezhenie i oхрана truda v neftegazovom komplekse: innovacii, texnologii, perspektivy`*, № 2 (13): 14–20;
9. Koksharov V.A. 2016. Sistematizaciya faktorov e`nergoe`ffektivnosti promы`shlennogo predpriyatiya. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: e`konomika*, 1(28): 147–156;
10. Kirshina I.A., Fedorova S.E. Sistematizaciya faktorov energoeffektivnosti potrebleniya prirodnogo gaza promы`shlennymi predpriyatiyami. 2020. *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom*, № 4(184): (str. 77 79);
11. Lebedev Yu.A., Letyagina E.N. 2014. Regressionny`j analiz e`nergopotrebleniya v promы`shlennы`x regionax. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: social`ny`e nauki*, № 3(35): 29–32;
12. Marchenko E.M., Belova T.D. Analiz faktorov, vliyayushhix na e`nergoe`ffektivnost` regiona: upravlencheskij aspekt. URL: <http://vestnik.uapa.ru/ru/issue/2015/04/15/> (дата обращения 12 января 2019);
13. Moruleva L.A. 2015. Analiz faktorov, okazy`vayushhij vliyanie na e`nergoe`ffektivnost` e`konomiki. *Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel`skij zhurnal*, 6–3 (37): 75–77;
14. Pokazateli e`nergoe`ffektivnosti: osnovy` formirovaniya politiki. URL: <https://altenergiya.ru/wp-content/uploads/books/common/pokazateli-energoeffektivnosti.pdf> (дата обращения 12.01.2019);
15. Prognoz razvitiya e`nergetiki mira i Rossii do 2040 goda. URL: <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf> (дата обращения 25 февраля 2020);



16. Tulikov A.V., Tulikova O.V. 2012. Mexanizmy` povy`sheniya e`nergoe`ffektivnosti, E`nergoberezhenie, (№ 4): 4–10;
17. Federal'ny`j zakon ot 23.11.2009 № 261-FZ (red. ot 26.07.2019) «Ob e`nergoberezhenii i o povy`shenii e`nergeticheskoy e`ffektivnosti, i o vnesenii izmenenij v otдел`ny`e zakonodatel`ny`e akty` Rossijskoj Federacii»;
18. Alessandra Celani de Macedo, Nicola Cantore. The impact of industrial energy efficiency on economic and social indicators URL:https://www.feem.it/m/publications_pages/ndl2020-001.pdf (дата обращения 25 февраля 2020);
19. Iñigo Bonilla-Camposab, Nerea Nieto. 2020. Energy efficiency optimisation in industrial processes: Integral decision support tool. Energy, Volume 191.
20. Huysmana S., Sala S. 2015. Toward a systematized framework for resource efficiency indicators. resources, conservation and recycling, (95): 68–76;
21. König W. 2020. Energy efficiency in industrial organizations. A cultural-institutional framework of decision making, energy research & social science, volume 60;

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Киршина И.А. 2020. Выявление и классификация показателей энергетической эффективности предприятия как основа рационального расходования топливно-энергетических ресурсов. Экономика. Информатика. 47 (2): 308–316. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-308-316.

Kirshina I.A. 2020. Identification and classification of indicators of energy efficiency of the enterprise as the basis of rational consumption of fuel and energy resources. Economics. Information technologies. 47 (2): 308–316 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-308-316.

УДК 339.13

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-317-327

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ КЛИНИНГОВЫХ УСЛУГ В СЕГМЕНТЕ B2C**RESEARCH THE CONSUMERS OF CLEANING SERVICES IN B2C SEGMENT****Е.В. Смирнова, А.В. Биндюкова****E.V. Smirnova, A.V. Bindukova**

ФГАОУ ВО Сибирский Федеральный Университет, Институт управления бизнес-процессами
и экономики, Россия, 660074, г. Красноярск, ул. Киренского, 26а

Siberian Federal University School of Business Management and Economics
26A Kirensky st, Krasnoyarsk, 660074, Russia

E-mail: Sev9@list.ru

Аннотация

Статья отражает некоторые результаты проведенного маркетингового исследования рынка клининга в сегменте B2C, представляющие интерес как для понимания состояния и тенденций развития рынка домашнего клининга, так и с методологической точки зрения. Дана оценка состояния рынка «домашнего клининга»: потребность в различного вида клининговых услугах, объем спроса, отношение потенциальных потребителей к цене. Представлены результаты сегментного анализа потребителей. Используемые в работе методы факторного и кластерного анализа позволили достаточно эффективно осуществить сегментацию исследуемого рынка и достаточно полно и объективно описать полученные сегменты на основе изучения поведения потребителей, их мотивации, ценностей и образа жизни.

Abstract

The article highlights the results of a field study of the cleaning services market in the B2C segment for the Krasnoyarsk city. The article assesses the state of the «home cleaning» market, namely the need for various types of cleaning services, the volume of demand, and the ratio of potential consumers to price. The results may be useful for the formation of price policy, because on the basis of constructed demand curves can calculate the elasticity of demand and to make a sales forecast. The article is of interest both for understanding the status and development trends of the home cleaning market, and from a methodological point of view. A psychographic analysis of consumers performed using the factorial, cluster method made it possible to segment the market under study based on the study of consumer behavior, their motivation, values and lifestyle, and to describe the segments obtained and determine the target market. Understanding the status and trends of the market development, the specifics of the target audience will allow formulating the basic approaches to market development and the development of marketing strategy.

Ключевые слова: клининговые услуги, сегментация, сегментация по психологическому признаку, рынок «домашнего клининга».

Keywords: cleaning services, segmentation, psychological segmentation, the market of "home cleaning".

Введение

Для формирования эффективной маркетинговой политики любой компании, особенно в момент становления рынка, как никогда важно понимание состояния и тенденции развития рынка. Прежде всего, важно все, что касается потребительского рынка: объем спроса, отношение к цене, мотивация и особенности потребительского поведения. Особую актуальность приобретает знание размера и структуры потенциального рынка. В данном случае речь идет о сегментации рынка. Целью сегментации является выделение одной или нескольких целевых групп потребителей, под которых «затачивается» весь комплекс маркетинговых мероприятий – от разработки продуктов и сбыта до выбора содержания

рекламного обращения и медиаканалов. «Сегментирование позволяет выявить различные потребности клиентов, сгруппировать их по степени сходства и адаптировать маркетинговую деятельность к предъявляемым требованиям» [3].

Сегментация, выбор целевых сегментов, позиционирование – основа маркетингового планирования. Определение привлекательности потребительских сегментов рынка и приоритетов в их освоении является одним из важнейших моментов при разработке маркетинг-плана, для чего в свою очередь необходима информация об их величине и характеристиках. Возникает вопрос: как определить основные сегменты и измерить их?

Разбивать рынок на сегменты можно разными способами. Можно использовать и метод «на глазок». «В отечественной и зарубежной практике существуют различные подходы и методы проведения сегментного анализа. Выбор методики сегментирования рынка представляет сложную задачу, решение которой нужно начинать с определения технологии и методов построения сегментов» [3].

Мы рассмотрим кластерный анализ. Объясним почему. Как известно, в качестве классических критериев сегментации рынка выступают социально-экономические и демографические признаки. Однако, как показывает опыт, люди одного и того же социального статуса, уровня дохода, и пр. могут приобретать разные товары и услуги и демонстрировать разное покупательское поведение.

Поэтому сегодня наряду с группировкой потребителей по социально-экономическим, демографическим, географическим характеристикам все большее значение и распространение приобретает так называемая эмпирическая типология потребителя на основе психографического анализа, т. е. сегментация по психологическим признакам, включая сегментацию по поведенческому признаку и сегментацию на основе образа жизни. Для получения необходимой информации, позволяющей составить портрет потенциального потребителя, в анкету для характеристики целевой аудитории был включен большой перечень вопросов относительно мотивации, критериев выбора и других особенностей потребительского поведения, а также системы ценностей и образа жизни. «Таким способом может быть достигнуто достаточно глубокое понимание людей, составляющих каждый сегмент, и, на практике используя это понимание можно «достучаться» до этих людей, заговорить с ними на их языке и представить товар в наилучшем виде» [1].

В то же время изучение потребительского рынка методами психографического анализа вызывает затруднение именно с точки зрения количественного измерения сегментов рынка. Инструментом, позволяющим решить эту задачу, является факторный и кластерный анализ.

Для получения полноценной и достоверной информации о состоянии Красноярского рынка клининговых услуг в сегменте B2C было проведено полноценное полевое маркетинговое исследование.

Методология исследования

Цель исследования: получение информации о величине и характере спроса на услуги клининга в г. Красноярске в сегменте B2C, а также о характеристиках целевой аудитории услуги «домашнего» клининга, особенностях их покупательского и потребительского поведения.

Задачи исследования:

- определить потенциальную емкость местного рынка клининга в сегменте B2C;
- выявить потенциальный спрос на услуги клининга со стороны домохозяйств г. Красноярска;
- изучить потребителей данной услуги;
- изучить особенности потребительского поведения;
- выявить отношение домохозяйств к клининговым услугам;
- изучить особенности покупательского поведения целевой аудитории;
- произвести сегментацию потребителей услуг «домашнего» клининга;
- определить профиль целевой аудитории.

Целевые группы исследования: женщины, мужчины, в возрасте от 21 года, имеющие среднедушевой доход не менее 12 тыс. руб., проживающие в благоустроенных квартирах.

География исследования: г. Красноярск. Время опроса – 2014 г.

Методы исследования:

1. Метод сбора первичной информации – личное стандартизированное интервью. Опрос был произведен по разработанной нами анкете Восточно-Сибирским Региональным Агентством Маркетинговых и Социологических Исследований.

Отбор семей для опроса проводился маршрутным методом. В семье опрашивался человек, распоряжающийся домашними финансами и принимающий решения по вопросам организации семейного быта.

2. Методы обработки и анализа информации. Заполненные анкеты были обработаны в программе обработки статистических данных SPSS [11].

3. Сегментация потребительского рынка «домашнего» клининга была осуществлена методами факторного и кластерного анализа.

Факторный метод сегментационного анализа предполагает определение внешнего фактора и так называемых активных переменных, по которым непосредственно происходит формирование сегментов и пассивных переменных, т. е. тех признаков, которые служат для более полного описания уже очерченных сегментов [6].

Кластерный анализ – один из «базовых» методов, используемый в мировой практике многомерной классификации. Кластерный анализ представляет собой класс методов, используемых для классификации объектов или событий в относительно однородные группы, которые называют кластерами (clusters). Объекты в каждом кластере должны быть похожи между собой и отличаться от объектов в других кластерах. В зависимости от высказанного отношения к определенной группе переменных, респондентов относят к соответствующему сегменту [2]. Кластерный анализ как эффективный способ классификации объектов по их признакам хорошо зарекомендовал себя и в маркетинговой деятельности, в частности при сегментации рынка. Алгоритм проведения кластерного анализа содержит такие этапы, как: отбор выборки, определение множества критериев, по которым проводится кластеризация, определения расстояния и степени сходства, к которой причисляют коэффициент корреляции. Важной особенностью методов кластеризации является то, что группы, или кластеры, определяются в процессе анализа, а не заранее, и у исследователя может и не быть априорной информации [5].

Расчет выборки:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * (1 - 0,5)}{0,038^2} = 660,$$

где n – объем выборки;

1,96 – коэффициент доверия или нормированное отклонение, определяемое исходя из уровня доверительности (95 %);

s² – дисперсия для доли признака равна s²=p*(1-p), где p – доля признака, дисперсия максимальна при p=0,5;

0,038 – статистическая ошибка выборки (3,8 %).

Таким образом, для обеспечения репрезентативности выборки необходимо опросить 660 человек и при этом уровень доверительности составит 95 %, а статистическая ошибка – 3,8 %.

Результаты исследования

В данной статье представлены некоторые результаты проведенного ранее исследования, предоставляющие, на наш взгляд, не только фактологический, но и методологический интерес.

Изучение спроса и выявление потребности в услугах «домашнего» клининга.

На момент опроса 59 % опрошенных оказались незаинтересованы в клининговых услугах.

В качестве причин отсутствия интереса к клининговым услугам – главная (86 % ответов) – отсутствие потребности в услуге: люди отвечали: «справляемся самостоятельно,

либо «люблю убираться», либо «нет нужды». Только 16 % ответов – «дорого» и еще 7 % – «не доверяю чужим».

Наибольший интерес проявлен к следующим видам клининговых услуг: мытье окон, балконов и лоджий (указали 15 % респондентов), чистка ковров (12 %), чистка мебели (6 %), генеральная уборка (4 %). Уборка после ремонта интересует 2,6 % опрошенных, санитарная уборка после чрезвычайной ситуации – 2 %, уничтожение микроклешей в матрасах и коврах – 1,8 %.

При этом жители готовы порекомендовать профессиональным уборщикам те виды работ, которые вызывают наибольшие трудности при уборке. В то же время опросом выявлена определенная заинтересованность жителей в уборке после ремонта и биоуборке.

38 % из всех опрошенных проявили заинтересованность в привлечении клининговой компании к уборке подъездов и придомовой территории. Больше всего жильцы заинтересованы в уборке подъездов, вывозе мусора, интересует жильцов также и уборка в лифтах (рис. 1).

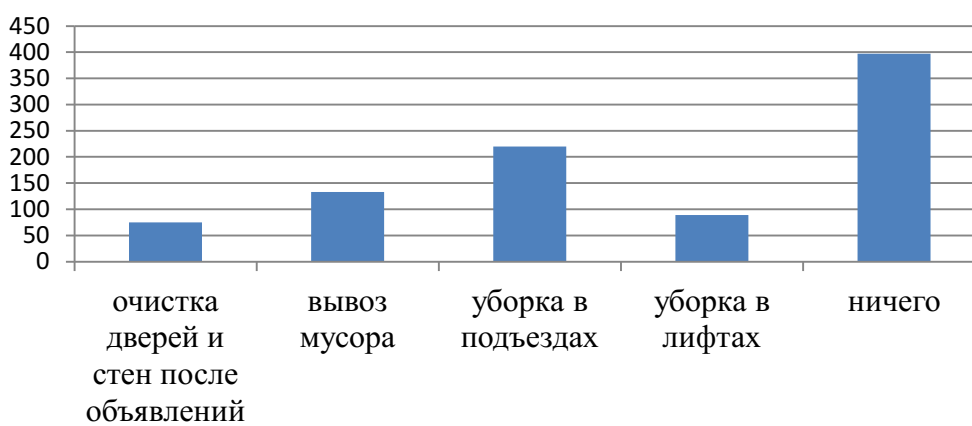


Рис. 1. Виды услуг по уборке подъездов и придомовой территории
Fig. 1. Types of services for cleaning the entrances and the local area

Потенциальная емкость рынка «домашнего» клининга при стоимости уборки одного квадратного метра 40 руб. была определена следующим образом:

$$\text{ПЕР} = \text{ЧН} / \text{ЧС} * \text{БЖ} * \text{ДК} * \text{ПК} * \text{ПУ} * \text{ЦУ}, \text{ где}$$

Таблица 1
Table 1

Определение емкости рынка
Determination of market capacity

Численность населения г. Красноярск	1035528 чел	ЧН
Средний состав семьи	2,78 чел	ЧС
Доля благоустроенного жилья	0,75	БЖ
Доля домохозяйств, заинтересованных в клининговых услугах	0,41	ДК
Средняя площадь квартиры	56,7 кв. м	ПК
Периодичность уборки	1,5 раз в год	ПУ
Стоимость уборки одного квадратного метра	40 руб.	ЦУ
Потенциальная емкость рынка домашнего клининга	389 669 559 руб. в год	ПЕР

При этом надо понимать, что к регулярному привлечению клининговых компаний для выполнения работ по поддержанию чистоты и порядка в доме город пока не готов. Население интересуют главным образом разовые работы, как правило, сезонного характера, связанные с

мытьем окон и балконов, чисткой ковров. В то же время существует нишевой рынок для биоуборки и уборки после ремонта.

Емкость рынка для услуги «уборка после ремонта» может быть определена следующим образом:

Таблица 2

Table 2

Определение емкости рынка для услуги «уборка после ремонта»
Determination of market capacity for the service «cleaning after repair»

Численность населения г. Красноярск	1035528 чел	ЧН
Средний состав семьи	2, 78 чел	ЧС
Доля благоустроенного жилья	0,75	БЖ
Доля домохозяйств, заинтересованных в услуге «уборка после ремонта»	0,026	ДР
Средняя площадь квартиры	56,7 кв. м	ПК
Периодичность уборки после ремонта	0,2	ПУ
Стоимость уборки одного квадратного метра после ремонта	55 руб.	ЦУ
Потенциальная емкость рынка	4 530 304руб. в год	ПЕР

Для сравнения, общая емкость рынка клининга г. Красноярск по экспертным оценкам специалистов, на тот же период составляет примерно 1 % от общего объема российского рынка клининга, то есть порядка 1,04 млрд руб. [8].

По результатам опроса в программе SPSS были построены кривые спроса на наиболее востребованные услуги (рис. 2, 3, 4, 5).

Данные кривые могут быть использованы для расчета коэффициента эластичности спроса и при формировании ценовой политики. Как видно из графиков, при невысоких ценах (не выгодных производителю) спрос достаточно эластичен и снижение цены может вызвать достаточный рост клиентов и обеспечить увеличение общей выручки. Однако при достаточно адекватных ценах (покрывающих затраты производителя и гарантирующих определенный уровень рентабельности) спрос становится неэластичным. Это значит, что любые манипуляции по снижению цены приведут к сокращению выручки, поскольку не будут компенсированы ростом продаж. Данные обстоятельства в очередной раз подтверждают целесообразность использования при формировании ценовой политики стратегии снятия сливок.

Критерии выбора клининговой компании

Среди критериев выбора клининговой компании наиболее значимые: доступные цены (назвали 72 % ответивших), профессионализм – 45 %, ответственность за качество 43 %. Репутация компании важна для 26 % респондентов, опыт работы и надежность – для 22 %, использование экологических материалов – для 16,5 %.

В то же время оперативность, ассортимент предлагаемых услуг, ответственность за сохранность имущества оказались менее значимыми для респондентов факторами (рис. 6).

Эмпирическая типология потенциальных клиентов услуг «домашнего» клининга на основе психографического анализа

Исследование красноярского рынка клининга было выполнено методами факторного и кластерного анализа с предварительной оценкой факторов, определяющих потребительское поведение.

Сначала для выявления основных характеристик потенциальных потребителей клининговых услуг, результаты опроса, касающиеся психографических характеристик респондентов, были обработаны методами факторного анализа, с помощью которого была решена задача редуцирования исходного множества факторов и их укрупнения.

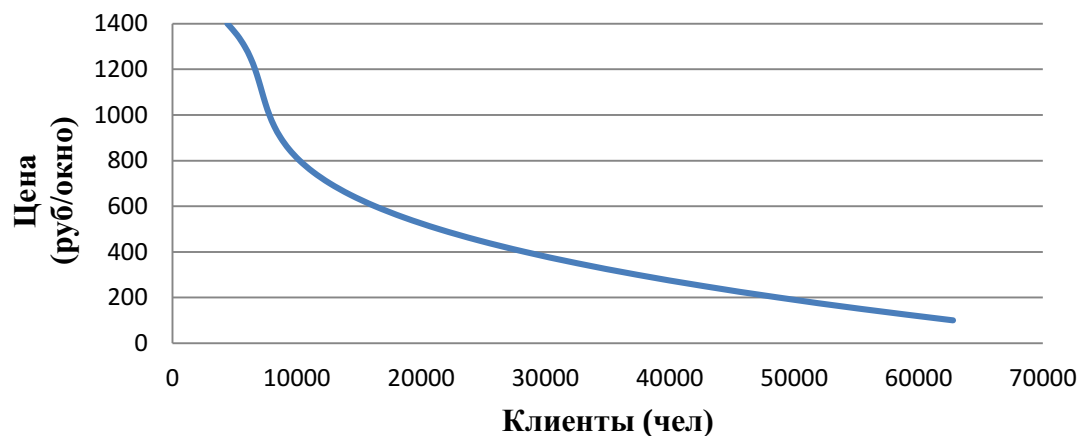


Рис. 2. Кривая спроса на услугу «мытьё окон»
Fig. 2. Curve of demand for the «window washing» service

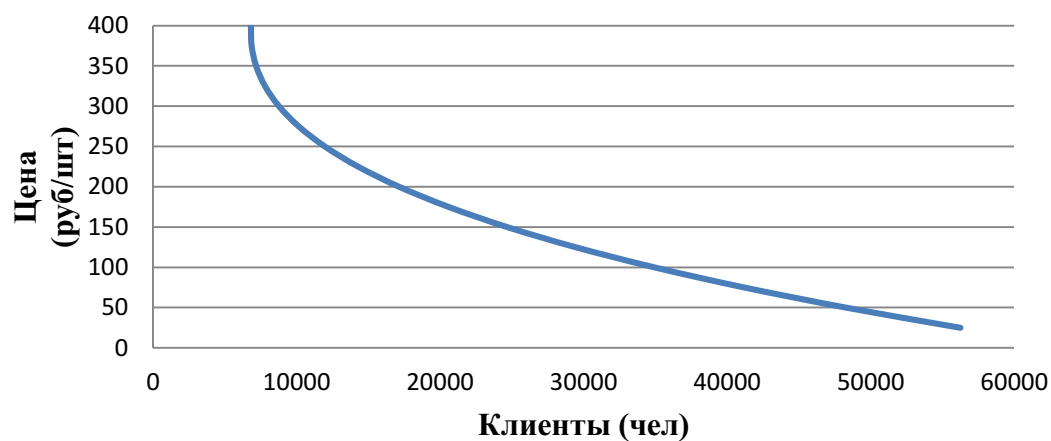


Рис. 3. Кривая спроса на услугу «чистка ковров»
Fig. 3. The demand curve for the service «carpet cleaning»

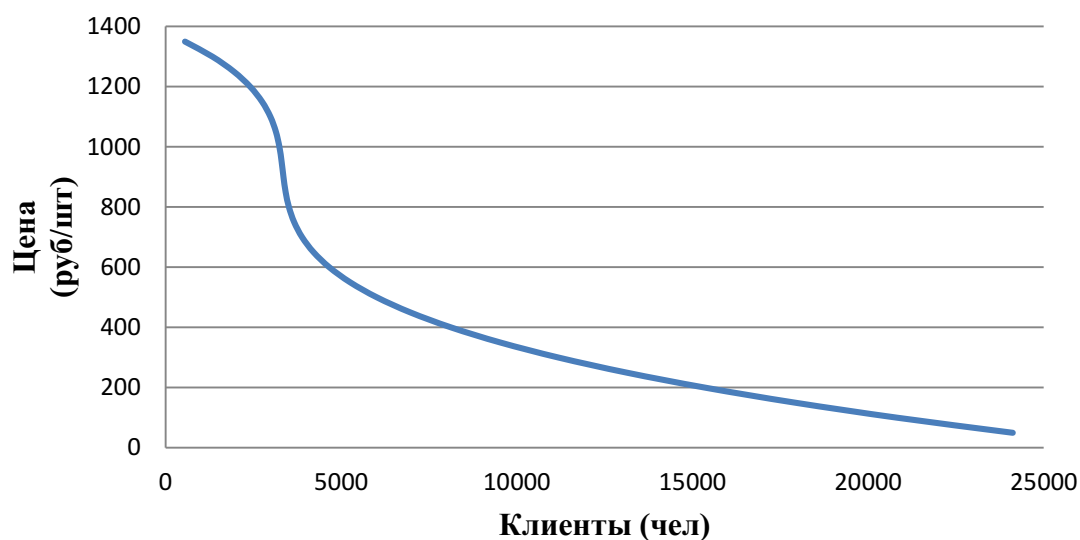


Рис. 4. Кривая спроса на услугу «чистка мебели»
Fig. 4. Demand curve for the «furniture cleaning» service

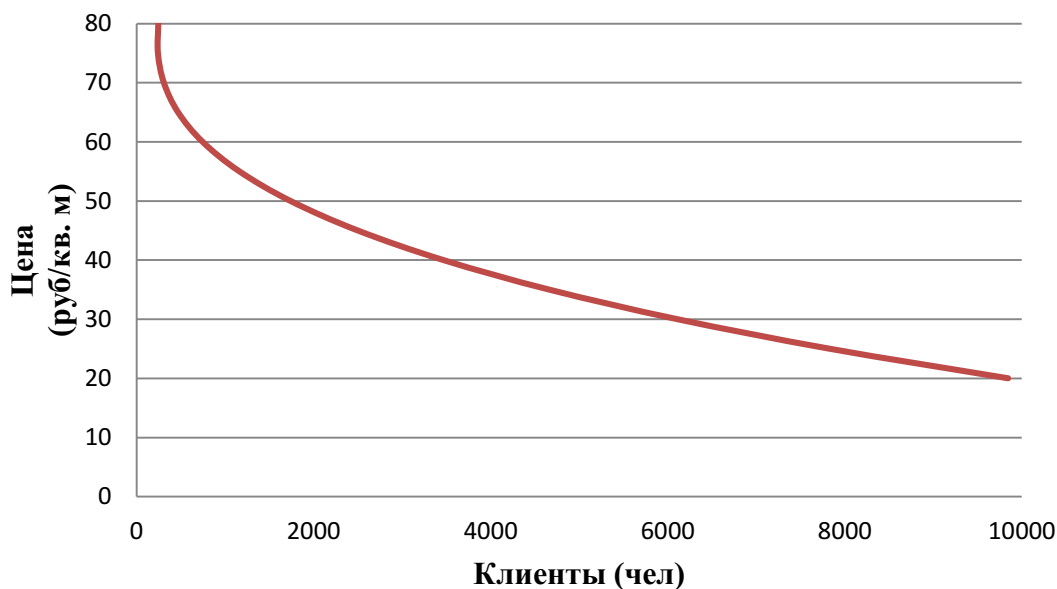


Рис. 5. Кривая спроса на услугу «генеральная уборка»
Fig. 5. The demand curve for the «general cleaning» service

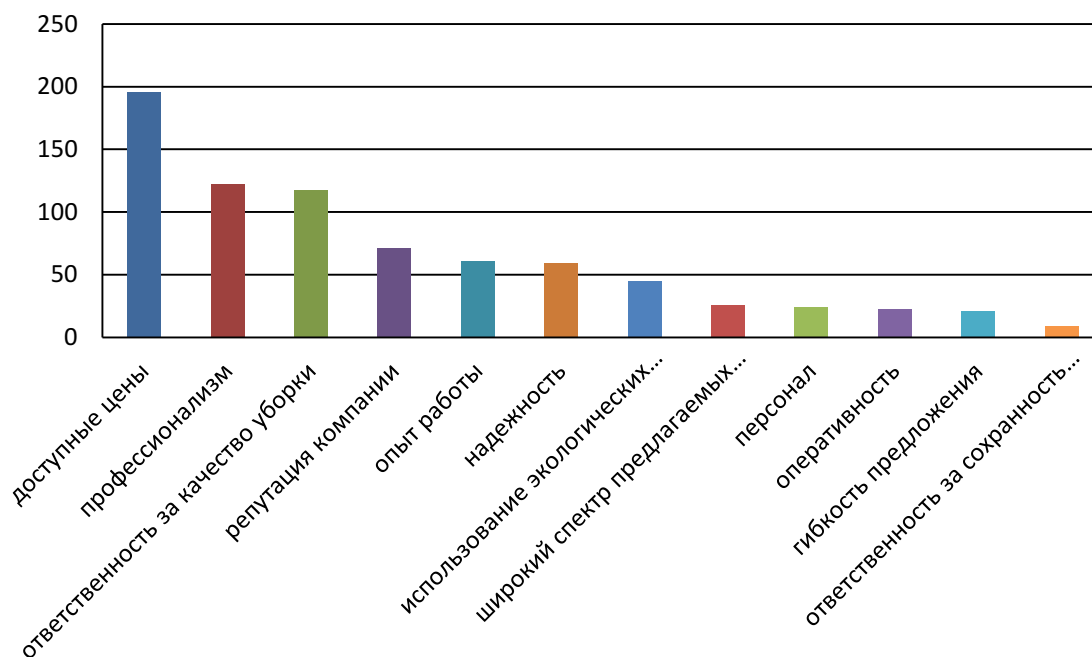


Рис. 6. Критерии выбора клининговой компании
Fig. 6. Criteria for choosing a cleaning company

В результате факторного анализа были получены шесть латентных факторов (признаков сегментации), влияющих на потребительское поведение потенциальных клиентов клининговых услуг:

1. Приверженность бренду;
2. Фанатичное отношение к чистоте;
3. Закрытость / открытость;
4. Доверие профессионалам;
5. Консерватизм / новаторство;
6. Ориентация на авторитеты.



Для формирования сегментов полученные результаты были обработаны методом кластерного анализа. Как известно, «в бизнесе кластерный анализ применяется для сегментации клиентов, аудиторий, продуктов и рынков. А еще при помощи него выявляют психотипы» [4].

В результате в зависимости от степени влияния каждого из факторов все респонденты были разбиты на 4 кластера. Характеристики и размеры кластеров представлены в таблице 5, 6.

Таблица 3
Table 3

Описание кластеров
Cluster Description

Название кластера	Размер	Отличительные характеристики	Общие характеристики
1.Консерваторы (традиционалисты)	25 %	Зависимость от общественного мнения Ориентация на традиционный уклад (традиционный взгляд на распределение обязанностей в семье) Большая открытость	Высокозначимыми факторами являются забота о жилище и любовь к уборке Факторы среднего уровня значимости: мобильность и ориентация на экологию и здоровый образ жизни
2.Новаторы (современные)	8,5 %	Доверяют авторитетному мнению и профессионалам Не склонны полагаться на мнение большинства Большая чем у других ориентация на здоровый образ жизни и экологию	
3.Обычные Середняки (массовый рынок)	59,5 %	Нет четко выраженных приоритетов Чуть меньшая заикленность на доме и уборке, чуть меньшая ориентация на экологию и здоровый образ жизни чуть выше мобильность чуть меньше доверие профессионалам	
4. Перфекционисты	7 %	Приверженцы бренду, фанаты чистоты Закрыты (низкий уровень гостеприимства, неприятие чужих в доме)	

Социально-демографическая характеристика полученных сегментов представлена в таблице 6.

Определение целевого рынка

Совершенно очевидно, что наиболее привлекательным сегментом рынка являются «новаторы» (одинокое состоятельные мужчины и женщины, проживающие в новых достаточно больших квартирах и имеющие в качестве дополнительного «загрязняющего» фактора домашних животных), их доля составляет 8,5 % от потенциального рынка. Потенциальная емкость данного сегмента равна 33,15 млн руб. Данный сегмент, кстати, малочувствителен к цене. Поэтому может быть использована стратегия снятия сливок (установление более высоких цен с последующим понижением для проникновения на массовый рынок).

Таблица 4

Table 4

Социально-демографические характеристики выявленных сегментов
Socio-demographic characteristics of the identified segments

Социально-демографические характеристики	Сегменты			
	Консерваторы	Новаторы	Обычные Средняки	Перфекционисты
Тип жилья	новостройка, улучшенная планировка	новостройки	улучшенная планировка	хрущевка
Состояние жилья	новая либо требует косметического ремонта	новая	среднее	требует косметического либо капитального ремонта
Площадь квартиры	средняя либо большая	средняя, большая	средняя, большая	маленькая, либо средняя
Возраст	до 44	25–34 и 45–54	средний	55+
Образование	высшее	высшее	среднее специальное высшее	среднее специальное
Семейное положение	семья с маленькими детьми	больше одиноких, больше мужчин	традиционная семья 1–2 детей	живущие с кем-то вдвоем (причем с мужем – в половине случаев, в остальных, видимо, со взрослым ребенком)
Состав семьи	3–2–4 человека	1–2–3 человека	2–3–4 человека	2
Наличие маленьких детей	максимальное	среднее	среднее	минимальное
Наличие пожилых	минимальное	нет	минимальное	максимальное
Наличие животных	среднее	максимальное, наибольший удельный вес собак (по сравнению с другими группами)	среднее, преимущественно кошки	минимальное
Доход	средний	выше среднего	средний	ниже среднего
Род деятельности	больше работающих в бюджетной сфере, больше бизнесменов	максимальное количество бизнесменов и работающих в коммерческой сфере и на госслужбе	все виды деятельности	большой удельный вес пенсионеров, максимальное количество служащих без высшего образования

Далее по привлекательности следуют сегмент 1 (25 %) и 2 (59,5 %). Для первого сегмента (молодые семьи с маленькими детьми, проживающие также в достаточно новом или в хорошем состоянии жилье) должна быть создана дополнительная мотивация для обращения в клининговую компанию, поскольку это семьи с традиционным представлением о распределении семейных обязанностей, предполагающим, что поддержание чистоты и порядка в доме – обязанность жены. Однако, как известно, «жена не посудомойка», на этом может быть построена рекламная компания. Нетрудно подсчитать, что за 250 часов в год можно, например, освоить курс «маркетинг» и «маркетинговые коммуникации» либо уделить это же время своей семье, мужу, детям и т. д. В то же время, как показал анализ, в семьях,

имеющих маленьких детей, на уборку тратится на треть времени больше. То есть потребность в уборке выше. Главное, преодолеть стереотипы, что всем этим должна заниматься жена.

Третья группа – массовый рынок может стать более привлекательным по мере освоения рынка и снижения цены на клининговые услуги.

И наконец, 4 сегмент (бабушки-чистюли без высшего образования в маленьких хрущевках, требующих косметического либо капитального ремонта, с низким уровнем дохода, живущие с кем-то вдвоем либо с мужем, либо со взрослым ребенком) не представляет интереса для клининговых компаний, несмотря на приверженность чистоте и порядку по своим социально-демографическим характеристикам.

Заключение

В ходе исследования был оценен потенциал рынка «домашнего» клининга, осуществлена его сегментация и предложены варианты возможных маркетинговых стратегий освоения данного рынка.

Так, в ходе проведенного полевого исследования было выявлено отсутствие достаточно значимого спроса на услуги клининговых компаний со стороны домохозяйств, что обусловлено несформированной потребностью частного сектора (на момент опроса 59 % опрошенных домохозяйств продемонстрировали незаинтересованность в клининговых услугах), высокими ценами на клининговые услуги, предлагаемыми операторами, а также неразвитостью клинингового рынка в целом (в значительной мере функционирующие на рынке города клининговые компании обслуживают промышленный рынок). Потенциальная емкость рынка «домашнего» клининга при стоимости уборки одного квадратного метра в размере 40 рублей была оценена в 389,7 млн рублей.

К регулярному привлечению клининговых компаний для выполнения работ по поддержанию чистоты и порядка в доме город пока не готов. Население интересуется главным образом разовые работы, как правило, сезонного характера, связанные с мытьем окон и балконов, чисткой ковров. Также существует нишевой рынок для биоуборки и уборки после ремонта.

В то же время более 40 % опрошенных проявили интерес к клининговым услугам, при этом, средняя цена, которую потенциальные потребители клининговых услуг готовы платить за квадратный метр площади жилья, на четверть ниже минимальной рыночной цены, предлагаемой на момент исследования операторами рынка. Т. е. даже те, кто заинтересован в привлечении профессиональных уборщиков, не готовы платить запрашиваемую цену.

В ходе исследования был выявлен ряд обстоятельств, которые в дальнейшем могут быть использованы для актуализации спроса на клининговые услуги. Существующая потенциальная потребность в услуге может быть актуализирована при условии реализации интенсивной политики продвижения для компании, которая решит осваивать рынок клининга в сегменте B2C.

Наиболее значимыми факторами для выбора клининговой компании наряду с доступными ценами оказались: профессионализм и ответственность за качество (45–43 % опрошенных). Репутация компании важна для 26 % респондентов, опыт работы и надежность – для 22 %, использование экологических материалов – для 16,5 %. Оперативность, ассортимент предлагаемых услуг, ответственность за сохранность имущества – оказались менее значимыми для респондентов факторами. Данная информация позволит клининговым компаниям понять триггерные точки своего развития.

Выполненный факторный и кластерный анализ позволил осуществить сегментацию потенциального рынка, описать выявленные сегменты и определить целевой рынок. Так, были сформированы и описаны с точки зрения психографических и поведенческих характеристик четыре кластера (новаторы, консерваторы, обычные середняки, перфекционисты). Дан их социально-демографический портрет.

Наиболее привлекательным сегментом рынка для первичного освоения оказались «новаторы» (одинокое или малосемейные состоятельные мужчины и женщины, проживающие в новых достаточно больших квартирах и имеющие в качестве дополнительного «загрязняющего» фактора домашних животных). Определена

потенциальная емкость данного сегмента. Данный сегмент малочувствителен к цене. Поэтому при формировании ценовой политики на клининговые услуги для данного сегмента рынка может быть использована стратегия снятия сливок.

Таким образом, только полноценное знание и понимание потребительского рынка позволяет компании грамотно выбрать стратегию своего развития и эффективно осуществлять маркетинговую политику.

Список литературы

1. Гантнер Б. 2001. Типы потребителей: введение в психографику / пер. с англ. под ред. И.В. Андреевой. Спб., Питер, 304.
2. Драганчук Л. 2005. Использование кластерного метода в сегментном анализе рынка. Маркетинг в России и за рубежом. № 4. 23–28.
3. Дибб С. 2002. Практическое руководство по сегментированию рынка. Спб., Питер, 240.
4. Климов А. Кластерный анализ и сегментация. <https://tidydata.ru/segmentation>.
5. Молодецкая С.Ф. 2012. Кластерный анализ в сегментации рынка. Научно-информационный электронный журнал научных публикаций студентов и молодых ученых «ЭГО». № 3.
6. Напалкова А. 2016. Методика сегментирования рынка на основе факторного и кластерного анализов на примере розничного сектора фармацевтического рынка. Практический маркетинг №5, 38–48.
7. «Новости клининга», Клининговый портал «Уборка», 2013–2019 гг., www.Uborka.su.
8. «Обзор: Клининговые компании», Ли Е.Б., 2008. Деловой квартал г. Красноярск, № 16 (118).
9. Сайт союза клининговых компаний России, «Общие сведения», 2013–2019г. <http://www.xn--j1aasb.xn--p1ai/>
10. Смирнова Е. 2015. Типология потребителей рыбо- и морепродуктов на основе психографического анализа. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. № 9, 57–61.
11. Таганов Д. 2005. SPSS: статистический анализ в маркетинговых исследованиях. Спб., Питер, 192.
12. Форман Д. 2016. Много цифр: Анализ больших данных при помощи Excel. М.: Альпина Паблишер, 464.

References

1. Gantner B. 2001. Types of consumers: an introduction to psychography / trans. with eng. under the editorship of I.V. Andreeva. St. Petersburg, Peter, 304.
2. Draganchuk L. 2005. Using the cluster method in segment analysis of the market. Marketing in Russia and abroad. No. 4. 23–28.
3. Dibb S. 2002. A practical guide to market segmentation. St. Petersburg, Peter, 240.
4. A. Klimov. Cluster analysis and segmentation. <https://tidydata.ru/segmentation>.
5. Molodetskaya S.F. 2012. Cluster analysis in market segmentation. Scientific and electronic journal of scientific publications of students and young scientists "EGO". Number 3.
6. Napalkova A. 2016. The methodology of market segmentation based on factorial and cluster analysis on the example of the retail sector of the pharmaceutical market. Practical Marketing No. 5, 38–48.
7. «Cleaning News», Cleaning portal «Cleaning», 2013–2019, www.Uborka.su.
8. «Review: Cleaning companies», Lee EB, 2008. Business quarter, Krasnoyarsk, No. 16 (118).
9. The site of the Union of Cleaning Companies of Russia, "General Information", 2013–2019. <http://www.xn--j1aasb.xn--p1ai/>.
10. Smirnova E. 2015. Typology of consumers of fish and seafood based on psychographic analysis. Economics of agricultural and processing enterprises. No. 9, 57–61.
11. Taganov D. 2005. SPSS: statistical analysis in marketing research. SPb., Peter, 192.
12. Foreman D. 2016. Many Figures: Big Data Analysis with Excel. M.: Alpina Publisher. 464.

Ссылка для цитирования статьи For citation

Смирнова Е.В., Биндюкова А.В. 2020. Исследование потребителей клининговых услуг в сегменте B2C. Экономика. Информатика. 47 (2): 317–327. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-317-327.

Smirnova E.V., Bindukova A.V. 2020. Research the consumers of cleaning services in B2C segment. Economics. Information technologies. 47 (2): 317–327 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-317-327.

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ PUBLIC AND BUSINESS FINANCE

УДК 336.7

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-328-337

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОСТИ ПОРТФЕЛЯ ПРИВЛЕЧЕННЫХ РЕСУРСОВ БАНКА

MULTI-CRITERIA ASSESSMENT OF THE OPTIMALITY OF THE BANK'S ATTRACTED RESOURCES PORTFOLIO

М.В. Антонова¹, И.В. Чистникова², В.В. Мишенин¹
M.V. Antonova, I.V. Chistnikova, V.V. Mishenin

¹ Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

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

¹ Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 116a Sadovaya St, Belgorod, 308023, Russia

² Belgorod State University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: antonovamv@yandex.ru, chistnikova@bsu.edu.ru

Аннотация

Статья посвящена разработке методики для оценки портфеля привлеченных ресурсов банковской организации на основе теории оптимальности. Рассмотрено содержание и изучена классификация критериев оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка. Охарактеризованы критерии и показатели оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка. Разработана визуальная модель параметров оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка, основанная на сочетании свойств обязательств, таких как: виды обязательств, сроки их привлечения, процентные ставки. Произведена апробация предложенных критериев и показателей оптимальности на данных российского банковского сектора.

Abstract

The article is devoted to the development of a methodology for evaluating the portfolio of attracted resources of a banking organization based on the optimality theory. The content and classification of criteria for optimality of the Bank's portfolio of attracted resources are considered. The criteria and indicators of optimality of the Bank's attracted resources portfolio are described. A visual model of optimality parameters of the Bank's attracted resources portfolio is developed, based on a combination of properties of obligations such as: types of obligations, terms of their attraction, and interest rates. The proposed criteria and optimality indicators were tested using data from the Russian banking sector.

Ключевые слова: привлеченные ресурсы банка, критерии оптимальности, параметры оптимальности, показатели оптимальности, портфель привлеченных ресурсов.

Keywords: attracted bank resources, optimality criteria, optimality parameters, optimality indicators, optimality portfolio of attracted resources.

Введение

Для каждого банка важнейшей задачей является поиск эффективных путей развития своей ресурсной базы. От качества портфеля привлеченных ресурсов непосредственно зависит

способность банка обеспечивать свою деятельность. В целом политику в сфере привлечения ресурсов можно назвать ключевым фактором обеспечения ликвидности любого коммерческого банка.

Развитие инструментария для принятия управленческих решений, способствующих повышению оптимальности мобилизованных ресурсов, является актуальным вопросом для любой банковской организации и кредитной системы в целом.

В банковском секторе нашли применение различные подходы и методы оценки параметров портфеля привлеченных ресурсов, при этом положения теории оптимальности не были приложены к решению данных задач. Однако дополнительное вовлечение оценочных инструментов теории оптимальности в процесс анализа составляющих портфеля привлеченных ресурсов может способствовать существенному улучшению результатов управления обязательствами банковской организации.

Достоинством теории оптимальности является учет сразу целого комплекса критериев и свойств портфеля привлеченных ресурсов. В процессе анализа портфеля привлеченных ресурсов банка ранее оценивался только один из параметров.

На основе декомпозиционного анализа термина «критерии оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка» [Андрианова, Юрлов, 2015; Большаков, Внутских, 2016; Кежапкина, 2014; Канеман, Тверски, 2015; Осипов, Нифонтов, Домрачев, 2016; Сазонов, 2015; Фаломкина, Пытьев, 2005] предлагаются следующие формулировки:

- критерий, для целей данного исследования, – это существенный отличительный признак оценки портфеля привлеченных ресурсов банка;
- оптимальность портфеля привлеченных ресурсов, по нашему мнению, представляет собой характеристику наилучшего состава и структуры данных ресурсов банка при минимальных расходах и временных затратах;
- портфель привлеченных ресурсов – это совокупность обязательств банка, мобилизованных на разных условиях.

Основные результаты исследования

Многокритериальное принятие решений в банковской сфере является наиболее объективным и эффективным. Вся совокупность критериев оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка характеризует состав и качество обязательств. Обзор научных трудов [Антонова, Полянская, 2016; Гараева, Мансимов, 2017; Киршин и др., 2017; Разуваева, 2016; Складенко, Антонова, 2017; Суханова, 2017; Цыплакова, Полтко, Головина, 2015] позволяет выделить следующие признаки классификации критериев оптимальности, которые в том числе могут быть применены при оценке портфеля привлеченных ресурсов (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Классификация критериев оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка
Classification of optimality criteria for the Bank's attracted resources portfolio

Признак классификации	Критерии оптимальности
По числу критериев	Однокритериальная оптимальность Многокритериальная оптимальность
По изменчивости критерия	Непрерывный критерий Дискретный критерий
По возможности исчисления	Исчисляемые критерии Неисчисляемые критерии
По определяемому параметру	Финансово-экономические критерии Технические критерии Критерии качества и т. п.
По интересам субъектов оценки	Критерии, учитывающие интересы банка Критерии, учитывающие интересы клиента Критерии, учитывающие интересы регулятора

Традиционным подходом к оценке портфеля привлеченных ресурсов банковской организации считается анализ динамики значений показателей эффективности, рентабельности и доходности обязательств. Однако, по нашему мнению, выбор решений на основе анализа отдельных показателей нельзя считать оптимальным, требуется взвешивание комплекса конфликтующих критериев – эффективности, прибыльности, доходности и стабильности привлеченных ресурсов. Каждому из критериев соответствуют определенные показатели.

В процессе практического использования теории оптимальности анализ портфеля привлеченных ресурсов предлагается осуществлять на основе следующих показателей (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Критерии и показатели оценки оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка
Criteria and indicators for evaluating the optimality of the Bank's attracted resources portfolio

Критерии оптимальности	Показатели	Формула расчета показателя
Эффективность	- коэффициент эффективности использования привлеченных ресурсов ($K_{\text{Эпр}}$)	$K_{\text{Эпр}} = \text{ПС} / \text{КП}$
Прибыльность	- рентабельность привлеченных ресурсов ($P_{\text{пс}}$)	$P_{\text{пс}} = \text{П} / \text{ПС} \times 100 \%$
Доходность	- чистая процентная маржа (ЧПМ);	$\text{ЧПМ} = (\text{Д}_{\%} - \text{Р}_{\%}) / \text{А}_{\text{д}} \times 100 \%$
	- необходимая маржа (НМ);	$\text{НМ} = (\text{Д}_{\text{н}} - \text{Р}_{\text{н}}) / \text{А} \times 100 \%$
	- достаточная маржа (ДМ)	$\text{ДМ} = (\text{Д}_{\text{н}} + \text{П}_{\text{п}} - \text{Р}_{\text{н}}) / \text{А} \times 100 \%$
Стабильность	- средний срок хранения привлеченных ресурсов ($C_{\text{ср}}$)	$C_{\text{ср}} = \text{О}_{\text{ср}} / \text{В} \times \text{d}$
	- уровень оседания депозитов ($У_{\text{о}}$)	$У_{\text{о}} = (\text{Д}_{\text{к}} - \text{Д}_{\text{н}}) / \text{П} \times 100 \%$
	- показатели структуры привлеченных ресурсов (удельный вес долгосрочных привлеченных ресурсов ($У_{\text{ДПРд}}$) и т. п.)	$У_{\text{ДПРд}} = \text{ПС}_{\text{д}} / \text{ПС} \times 100 \%$
<i>Условные обозначения:</i> ПС – привлеченные средства банка; КП – объем выданных кредитов; П – прибыль банка Д% – процентные доходы; Р% – процентные расходы; А_д – активы, приносящие доход; Д_н – непроцентные доходы; Р_н – непроцентные расходы; А – совокупные активы; П_п – необходимая величина прибыли; d – количество дней в периоде; О_{ср} – средний остаток вкладов за период; В – объем выдачи вкладов за период; Д_н, Д_к – объем депозитов на начало и на конец периода; П – поступление депозитов за период; ПС_д – привлеченные средства на срок более 1 года.		

При оценке внимание следует уделять не только величине значений показателей, представленных в таблице 2, но и их динамике. Положительные тенденции динамики показателей оценки оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка имеют следующие векторы:

$K_{\text{Эпр}} \longrightarrow \min;$
 $P_{\text{пс}} \longrightarrow \max;$
 $\text{ЧПМ} \longrightarrow \max;$
 $C_{\text{ср}} \longrightarrow \max;$
 $У_{\text{о}} \longrightarrow \max;$
 $У_{\text{ДПРд}} \longrightarrow \max.$

На первом этапе аналитической работы по изучению оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банковской организации целесообразно составление визуализационной модели свойств мобилизованных средств. Для этой цели весь объем привлеченных ресурсов следует сгруппировать на:

- ПС₁ – депозиты физических лиц;
- ПС₂ – депозиты юридических лиц;
- ПС₃ – прочие привлеченные ресурсы.

Также все привлеченные средства необходимо разделить по срокам привлечения:

- D_1 – средства, привлеченные на срок более 1 года;
- D_2 – средства, привлеченные на срок менее 1 года.

Схема визуальной модели параметров оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка представлена на рисунке 1.

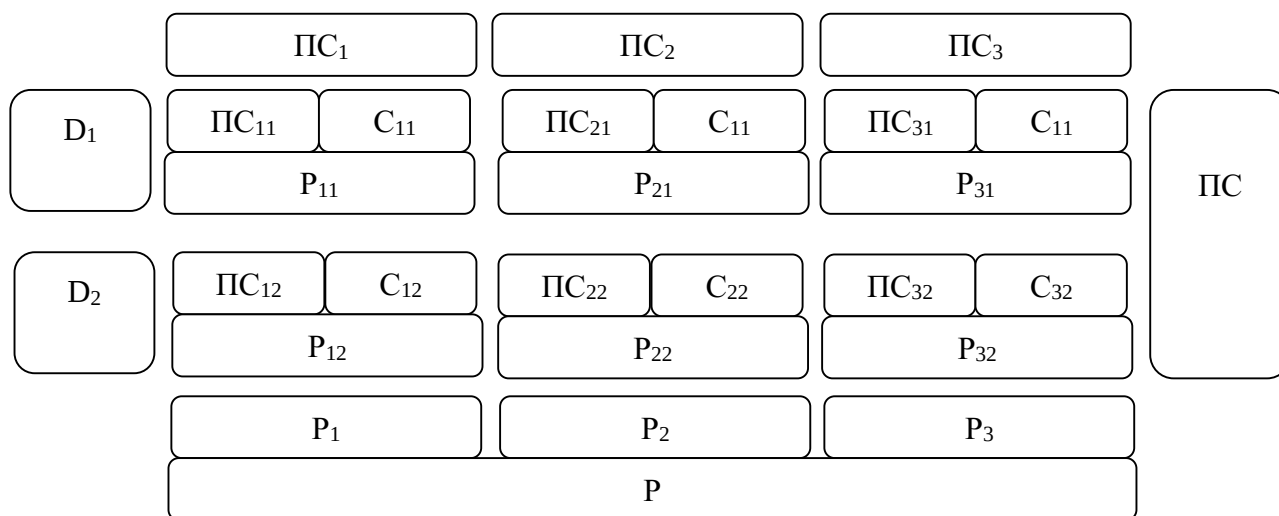


Рис. 1. Модель параметров оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка

Fig. 1. Model of optimality parameters of the Bank's attracted resources portfolio

Условные обозначения в модели параметров оптимальности портфеля привлеченных ресурсов:

ПС – общий объем привлеченных ресурсов;

i – группа (вид) привлеченных ресурсов;

j – срок привлечения ресурсов;

PC_{ij} – размер привлеченных ресурсов i -той группы ресурсов с j -том сроком привлечения;

C_{ij} – средняя стоимость привлеченных ресурсов (процентные расходы);

P_{ij} – расходы по привлечению ресурсов;

D_i – срок привлечения ресурсов.

Предложенная модель визуализирует важнейшие свойства портфеля – величину и стоимость каждого вида привлеченных ресурсов, что упрощает и ускоряет оценку. Также контент модели параметров выполняет функцию исходных данных для расчета показателей оптимальности портфеля привлеченных ресурсов. Следует отметить, что данная модель параметров может быть применима как для отдельного банка (или его подразделения), так и для группы банковских организаций.

Апробацию авторской модели произведем как на макроуровне (объект – банковский сектор Российской Федерации), так и на микроуровне (объект – крупнейший системообразующий банк – ПАО Сбербанк). В целях более полного раскрытия закономерностей и качественных характеристик выбран трехлетний период исследования.

Представим модель параметров оптимальности портфеля привлеченных ресурсов российского банковского сектора за 2016–2018 годы (рис. 2).

Данные рис. 2 наглядно визуализируют состав и свойства обязательств банковской организации. Составленная модель позволяет делать выводы о важнейших признаках привлеченных средств – их стоимости и качестве.

Так, можно констатировать, что наивысшей стоимостью для банков в исследуемом периоде обладали долгосрочные депозиты юридических лиц (проценты по ним составили: 9,2 % в 2016 году, 8,7 % в 2017 году и 6,9 % в 2018 году). При этом наименьшая стоимость привлечения была характерна недепозитным привлеченным средствам сроком менее 1 года (процентная ставка по ним в 2017 и 2018 гг. составляла – 0,01%).

2016 год									
	24 200 млрд руб.		24 322 млрд руб.		22 154 млрд руб.				
D ₁	13745 млрд руб.	9,7%	14620 млрд руб.	9,2%	13254 млрд руб.	5,3%	70676 млрд руб.		
	1333 млрд руб.		1345 млрд руб.		702 млрд руб.				
D ₂	10455 млрд руб.	9,7%	9702 млрд руб.	8,7%	8900 млрд руб.	0,01%			
	680 млрд руб.		844 млрд руб.		1 млрд руб.				
	2013 млрд руб.		2189 млрд руб.		703 млрд руб.				
	4905 млрд руб.								
2017 год									
	25 987 млрд руб.		24 843 млрд руб.		24 965 млрд руб.				
D ₁	13513 млрд руб.	7,1%	12918 млрд руб.	8,7%	8725 млрд руб.	3,5%	75 79 5 млрд руб.		
	959 млрд руб.		1123 млрд руб.		305 млрд руб.				
D ₂	12474 млрд руб.	5,2%	11925 млрд руб.	6,1%	16240 млрд руб.	0,01%			
	648 млрд руб.		727 млрд руб.		2 млрд руб.				
	1607 млрд руб.		1850 млрд руб.						
	3764 млрд руб.								
2018 год									
	28 460 млрд руб.		28 006 млрд руб.		27 349 млрд руб.				
D ₁	14657 млрд руб.	6,8%	17363 млрд руб.	6,9%	10897 млрд руб.	3,2%	83 81 5 млрд руб.		
	996 млрд руб.		1198 млрд руб.		348 млрд руб.				
D ₂	13803 млрд руб.	4,8%	10643 млрд руб.	5,5%	16452 млрд руб.	0,01%			
	663 млрд руб.		585 млрд руб.		2 млрд руб.				
	1659 млрд руб.		1783 млрд руб.		350 млрд руб.				
	3792 млрд руб.								

Рис. 2. Модель параметров оптимальности портфеля привлеченных ресурсов российского банковского сектора за 2016–2018 годы

Fig. 2. Model of optimality parameters of the portfolio of attracted resources of the Russian banking sector for 2016–2018

На базе данных авторской модели критериев, в целях ее апробации, осуществим расчет показателей оптимальности портфеля привлеченных средств российского банковского сектора в 2016–2018 гг. (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Показатели оптимальности портфеля привлеченных ресурсов российского банковского сектора в 2016–2018 гг.

Indicators of the optimality of the portfolio of funds raised by the Russian banking sector in 2016–2018

Критерии оптимальности	Показатели оптимальности	Числовое значение			Абс. отклонение 2018 г. от 2016 г.
		2016 год	2017 год	2018 год	
Эффективность	Коэффициент эффективности использования привлеченных ресурсов	1,3	1,2	1,3	0
Прибыльность	Рентабельность привлеченных ресурсов	1,3	1,8	2,1	0,8
Доходность	Чистая процентная маржа	4,0	4,4	4,5	0,5
Стабильность	Удельный вес долгосрочных привлеченных ресурсов	56,8	50,9	51,2	-5,6

Исходя из данных табл. 3 можно сделать вывод, что коэффициент эффективности использования привлеченных ресурсов российских банков в исследуемом периоде не изменяется, однако в 2018 году по сравнению с 2017 годом данный критерий увеличился на 0,1, что свидетельствует об ухудшении эффективности использования привлеченных ресурсов банковской системы.

В исследуемом периоде наблюдается сокращение удельного веса долгосрочных обязательств на 5,6 %, что обусловлено уменьшением процентных доходов по долгосрочным вкладам.

Тенденции значений остальных показателей портфеля привлеченных ресурсов соответствовали установленным векторам динамики, что означало повышение оптимальности банковского портфеля привлеченных ресурсов.

Продолжим апробацию авторской модели на микроуровне. Представим модель параметров оптимальности портфеля привлеченных ресурсов крупнейшего системообразующего банка страны, являющегося лидером по объему депозитов физических лиц – ПАО Сбербанк за 2016–2018 годы (рис. 3).

Модель, представленная на рис. 3, позволяет провести декомпозицию процентных расходов ПАО Сбербанк по видам привлеченных ресурсов, наглядно продемонстрировав наиболее дорогие и самые «дешевые» ресурсы банка. Так, в исследуемом периоде наибольшие расходы ПАО Сбербанк составляли долгосрочные привлеченные средства, не являющиеся депозитами клиентов, основную долю данных пассивов составляют выпущенные долговые обязательства, стоимость которых составляла в 2016 году 9,9 %, в 2017 году – 11,8 %, а в 2018 году – 9,7 %. Процентные ставки ПАО Сбербанк ниже средних значений российских банков, однако его деловая репутация позволяет наращивать объемы вкладов как частных, так и корпоративных клиентов.

Используя модель параметров, произведем анализ показателей оптимальности портфеля привлеченных ресурсов ПАО Сбербанк в 2016–2018 гг. (табл. 4).

Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что показатели оптимальности портфеля привлеченных ресурсов ПАО Сбербанк выше аналогичных показателей банковского сектора Российской Федерации. Наибольший разрыв наблюдается по критериям: прибыльность, доходность и стабильность.

2016 год													
10 937 млрд руб.			5 944 млрд руб.			2 011 млрд руб.			18 892 млрд руб.				
D ₁	8835 млрд руб.	4,9%	2660 млрд руб.	4,9%	1192 млрд руб.	9,9%							
	433 млрд руб.		130 млрд руб.		118 млрд руб.								
D ₂	2102 млрд руб.	4,1%	3284 млрд руб.	3,6%	819 млрд руб.	0,1%							
	87 млрд руб.		109 млрд руб.		1 млрд руб.								
520 млрд руб.			239 млрд руб.			119 млрд руб.							
878 млрд руб.													
2017 год													
11 777 млрд руб.			5 965 млрд руб.			2 057 млрд руб.			19 799 млрд руб.				
D ₁	9161 млрд руб.	4,3%	2772 млрд руб.	3,8%	784 млрд руб.	11,8%							
	396 млрд руб.		106 млрд руб.		93 млрд руб.								
D ₂	2616 млрд руб.	2,3%	3193 млрд руб.	2,3%	1273 млрд руб.	0,1%							
	59 млрд руб.		75 млрд руб.		1 млрд руб.								
455 млрд руб.			181 млрд руб.			94 млрд руб.							
730 млрд руб.													
2018 год													
12 911 млрд руб.			7 579 млрд руб.			2 609 млрд руб.			23 099 млрд руб.				
D ₁	9815 млрд руб.	3,4%	4153 млрд руб.	3,2%	1024 млрд руб.	9,7%							
	334 млрд руб.		133 млрд руб.		99 млрд руб.								
D ₂	3096 млрд руб.	2,7%	3426 млрд руб.	2,2%	1585 млрд руб.	0,1%							
	85 млрд руб.		74 млрд руб.		2 млрд руб.								
419 млрд руб.			207 млрд руб.			101 млрд руб.							
727 млрд руб.													

Рис. 3. Модель параметров оптимальности портфеля привлеченных ресурсов ПАО Сбербанк за 2016–2018 годы

Fig. 3. Model of optimality parameters of the portfolio of attracted resources of the Sberbank for 2016–2018

Таблица 4

Table 4

Показатели оптимальности портфеля привлеченных ресурсов ПАО Сбербанк в 2016–2018 гг.
Indicators of the optimality of the portfolio of funds raised by the Sberbank in 2016–2018

Критерии оптимальности	Показатели оптимальности	Числовое значение			Абс. отклонение 2018 г. от 2016 г.
		2016 год	2017 год	2018 год	
Эффективность	Коэффициент эффективности использования привлеченных ресурсов	1,2	1,1	1,1	-0,1
Прибыльность	Рентабельность привлеченных ресурсов	2,6	3,3	3,4	0,8
Доходность	Чистая процентная маржа	6,9	7,0	6,3	-0,6
Стабильность	Удельный вес долгосрочных привлеченных ресурсов	67,1	64,2	61,9	-5,2

Таким образом, авторская модель позволяет не только произвести оценки оптимальности портфеля привлеченных ресурсов как на макро, так и на микроуровне, но и сравнить показатели отдельного банка со значениями по банковскому сектору в целом и сделать более точные выводы по качеству портфеля привлеченных ресурсов.

По нашему мнению, применение многокритериального подхода к определению оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка способствует получению разноплановой значимой информации и выбору лучших решений.

Заключение

Применение теории оптимальности к управлению портфелем привлеченных ресурсов банка позволяет существенно оптимизировать структуру обязательств и улучшить результаты деятельности.

Основными признаками классификации критериев оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка являются: по числу критериев, по изменчивости критерия, по возможности исчисления, по определяемому параметру, по интересам субъектов оценки. Для практического использования теории оптимальности при оценке портфеля привлеченных ресурсов каждый критерий оптимизации необходимо дополнить исчисляемыми параметрами.

Критериями оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка являются: эффективность (показатель – коэффициент эффективности использования привлеченных ресурсов); прибыльность (показатель – рентабельность привлеченных ресурсов); доходность (показатель – чистая процентная маржа); стабильность (показатель – показатели структуры привлеченных ресурсов).

Апробация предложенной модели оценки оптимальности портфеля привлеченных ресурсов на материалах российского банковского сектора и ПАО Сбербанк подтвердила работоспособность методики. Рассчитанные показатели позволяют изучать состояние и динамику критериев оптимальности портфеля привлеченных ресурсов российского банковского сектора и отдельной кредитной организации.

В качестве направлений для дальнейших исследований по развитию рассмотренной темы можно указать – исследование альтернативных вариантов многокритериальных моделей оценки оптимальности портфеля привлеченных ресурсов, разработку специализированного программного обеспечения для принятия решений по управлению обязательствами банковской организации.

Список литературы

1. Андрианова И.Д., Юрлов Ф.Ф. 2015. Классификация задач выбора эффективных решений при портфельном анализе в условиях неопределенности и многокритериальности. Экономика и предпринимательство. 6–3 (59): 738–740.



2. Антонова М.В., Полянская М.А. 2016. Организационная модель проведения стресс-тестирования для оценки финансовой устойчивости банка. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 4 (60): 181–189.
3. Большаков Д.В., Внутских А.Ю. 2016. Концепция выбора как элемент теории принятия решений. Социум и власть. 1 (57): 97–100.
4. Гараева Э.А., Мансимов К.Б. 2017. Необходимое условие оптимальности в задаче управления с дискретным временем при недифференцируемом критерии качества. Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 38: 4–10.
5. Кежапкина О.В. 2014. Принятие стратегических решений в условиях рыночного хозяйствования: теории и подходы. Экономика, предпринимательство и право. 4: 17–30.
6. Канеман Д., Тверски А. 2015. Теория перспектив: анализ принятия решений в условиях риска. Экономика и математические методы. 1: 3–25.
7. Киршин И.А., Сибгатова И.И., Еврасова А.Н., Садыкова А.Э. 2017. Методические основы оптимизации структуры капитала фирмы в теориях структуры капитала. Экономика: вчера, сегодня, завтра. 5: 112–123.
8. Осипов Г.В., Нифонтов В.А., Домрачев Д.В. 2016. Методологические проблемы теории принятия государственных решений в контексте интегративно-компетентного подхода. Научное обозрение. Серия 2: Гуманитарные науки. 1: 3–10.
9. Разуваева М.Р. 2016. Критерии оптимальности при принятии управленческих решений. Научные Записки ОрелГИЭТ. 3 (15): 50–53.
10. Сазонов А.А. 2015. Особенности моделей теории принятия решений. Достижения вузовской науки. 19: 195–200.
11. Складенко И.А., Антонова М.В., 2017. Критерий «обоснованность», определяющий рискологию как науку, и его применимость к банковским рискам. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2 (63): 133–143.
12. Суханова А.Г. 2017. Трехкритериальная оптимизация портфеля ценных бумаг с использованием теории нечетких множеств в системе MATHCAD. Системы компьютерной математики и их приложения. 18: 37–41.
13. Фаломкина О.В., Пытьев Ю.П. 2005. О критериях оптимальности для неопределенных нечетких моделей. Математические методы распознавания образов. 1: 222–226.
14. Цыплакова О.Н., Полтко И.В., Головина Ю.В. 2015. Значение теории вероятности в принятии экономических решений. Международный студенческий научный вестник. 3–4: 488–489.
15. Отчеты о развитии банковского сектора Российской Федерации в 2016–2019 годах. Информационно-аналитические материалы Банка России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cbr.ru/about_br/publ/nadzor/.
16. Финансовая отчетность по РСБУ. ПАО Сбербанк: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sberbank.com/ru/investor-relations/reports-and-publications/ras>.

References

1. Andrianova I.D., Yurlov F.F. 2017. Classification of problems of choosing effective solutions in portfolio analysis under conditions of uncertainty and multicriteriality. Economy and entrepreneurship. 6–3 (59): 738–740. (in Russian)
2. Antonova M.V., Polyanskaya, M.A. 2016. Organizational model of stress testing to assess the financial stability of a Bank. Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. 4 (60): 181–189. (in Russian)
3. Bolshakov D.V., Polskikh A.Yu. 2016. The concept of choice as an element of decision theory. Society and power. 1 (57): 97–100. (in Russian)
4. Garayeva E.A., Mansimov K.B. 2017. A necessary condition for optimality in a discrete-time control problem with an undifferentiated quality criterion. Bulletin of Tomsk state University. Management, computer engineering and Informatics. 38: 4–10. (in Russian)
5. Kejapkina O.V. 2014. Strategic decision-making in a market economy: theories and approaches. Economics, business and law. 4: 17–30. (in Russian)
6. Kahneman D., Tversky A. 2015. Perspective theory: analysis of decision - making under risk conditions. Economics and mathematical methods. 1: 3–25. (in Russian)
7. Kirshin I.A., Sibogatova I.I., Evrasova A.N., Sadykova A.E. 2017. Methodological foundations for optimizing the firm's capital structure in capital structure theories. Economy: yesterday, today, tomorrow. 5: 112–123. (in Russian)

8. Osipov G.V., Nifontov V.A., Domrachev D.V. 2016. Methodological problems of the theory of state decision-making in the context of integrative competence approach. Scientific review. Series 2: arts and Humanities. 1: 3–10. (in Russian)
9. Razuvaeva, M.R. 2016. Optimality criteria for making managerial decisions. Scientific Notes Of Gilgit. 3 (15): 50–53. (in Russian)
10. Sazonov A.A. 2015. Features of models of decision-making theory. Achievements of higher education science. 19: 195–200. (in Russian)
11. Sklyarenko I.A., Antonova M.V. 2017. The "validity" criterion, which defines riskology as a science, and its applicability to Bank risks. Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. 2 (63): 133–143. (in Russian)
12. Sukhanova A.G. 2017. Three-criteria optimization of the securities portfolio using fuzzy set theory in the MATHCAD system. Computer mathematics systems and their applications. 18: 37–41. (in Russian)
13. Palacina O.V., Pyt'ev Yu.P. 2005. On the criteria of optimality for uncertain fuzzy models. Mathematical methods for pattern recognition. 1: 222–226. (in Russian)
14. Tsyplakov O.N., Poldo V.I., Golovin Yu. 2015. The importance of probability theory in making economic decisions. International student scientific Bulletin. 3–4: 488–489. (in Russian)
15. Reports on the development of the banking sector of the Russian Federation in 2016–2019. Information and analytical materials of the Bank of Russia. [Electronic resource]. Mode of access: https://cbr.ru/about_br/publ/nadzor/
16. Financial statements under RAS. Sberbank: official website [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.sberbank.com/ru/investor-relations/reports-and-publications/ras>

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Антонова М.В., Чистникова И.В., Мишенин В.В. 2020. Многокритериальная оценка оптимальности портфеля привлеченных ресурсов банка. Экономика. Информатика. 47 (2): 328–337. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-328-337.

Antonova M.V., Chistnikova I. V., Mishenin V.V. 2020. Multi-criteria assessment of the optimality of the bank's attracted resources portfolio. Economics. Information technologies. 47 (2): 328–337 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-328-337.



УДК: 336

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-338-353

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ КАПИТАЛА В КОНЦЕПЦИИ ЗЕЛЕННЫХ ФИНАНСОВ И ЗЕЛЕННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ

COST OF CAPITAL CALCULATION FEATURES IN THE CONCEPT OF GREEN FINANCE AND GREEN INVESTMENTS

М.Л. Дорофеев
M.L. Dorofeev

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
Россия, 125993 (ГСП-3), г. Москва, Ленинградский просп., 49

Financial University under the Government of the Russian Federation,
49 Leningradsky Prospekt, Moscow, 125993, GSP-3, Russia

E-mail: dorofeevml@yandex.ru

Аннотация

В работе проведен анализ и классификация зеленых финансов и смежных понятий, рассмотрены актуальные проблемы и сдерживающие факторы развития зеленой экономики, а также основные механизмы финансирования зеленых инвестиционных проектов. Объектом исследования является стоимость капитала для зеленых инвестиционных проектов. В работе показаны взаимосвязи между сферами базовых категорий финансов зеленой экономики, а также дана классификация содержащихся в сферах этих категорий терминологических кластеров. Кроме этого, показаны основные тенденции и ключевые проблемы, сдерживающие развитие зеленой энергетики, в мире и в РФ. Основная часть исследования посвящена вопросам определения премии (дисконта) для инвестора в зеленые финансовые инструменты фондового рынка (акции и облигации). Индикаторы рынка акций и облигаций показали, что рынок достаточно эффективен и инвесторами в первую очередь движут классические мотивации риска и доходности, а не флажок зеленой корпорации или зеленого финансового инструмента. При всей популярности концепции зеленого инвестирования мы не нашли достаточно убедительные и однозначные доказательства тому, что зеленые инвесторы платят дополнительную премию или получают дисконт при покупке зеленой акции или зеленой облигации. Вместе с тем в процессе исследования мы встретили ряд противоречий и сложностей (в основном касающихся данных для исследования), поэтому данная проблематика остается актуальной и заслуживает дальнейших исследований.

Abstract

The analysis and classification of green finance and related concepts were carried out. Current problems and constraints of green economy development, as well as the main mechanisms of financing green investment projects were considered as well. The object of this research is the cost of capital for green investment projects. The work shows the relationships between the spheres of basic categories of finance of the green economy, as well as the classification of terminology clusters contained in the spheres of these categories. In addition, we analyzed main trends and key problems impeding the development of green energy in the world and in the Russian Federation. The second and the main part of this research is devoted to the issues of determining the premium (discount) for the investor in green financial instruments of the stock market (shares and bonds). Stock and bond market indicators have shown that the market is quite efficient, and investors are primarily driven by classic risk and yield motivations rather than the green corporation or green financial instrument flag. In spite all the popularity of the green investment concept, we have not found enough convincing and unambiguous evidence that green investors pay an additional premium or receive a discount when buying a green stock or green bond. At the same time, we faced with a few contradictions and difficulties (basically connected with data for the research) when analyzing the cost of green capital, that's why this topic remains relevant and requires further development.

Ключевые слова: зеленые финансы, социальные финансы, финансы устойчивого развития, зеленые облигации, зеленые инвестиции.

Keywords: green finance, social finance, sustainable development finance, green bonds, green investments.

Введение

Трансформация парадигмы энергетического обеспечения мировой экономики совершенно точно была запущена и продолжает ускоряться по мере поступления новых сигналов в динамике климатического баланса планеты Земля. Экологи и специалисты в области анализа климатической динамики указывают на повышающиеся риски, связанные с глобальным потеплением, угрожающие островным и полуостровным государствам [Arnell, et al, 2019; Eckstein, 2020]. Безусловно, такая динамика стимулирует мировую общественность реагировать, однако не все до конца осознают риски данной проблемы. В свою очередь, для холодных стран глобальное потепление, наоборот, может стать большим конкурентным преимуществом и изменить их роль в мировой экономике и мировом разделении труда. К примеру, Россия, обладая огромной территорией и в среднем холодным климатом, может получить огромные преимущества в ряде отраслей народного хозяйства в случае повышения средней температуры на планете и повышения уровня мирового океана.

В сфере научных исследований, посвященных вопросам глобального изменения климата и глобального потепления, существуют две точки зрения на заметные повышения средней температуры на планете Земля. Ряд ученых утверждают, что причиной этому явлению является перенаселенность планеты и негативное воздействие вредных для экологии планеты выбросов углекислого газа как продукта жизнедеятельности человека и общественного воспроизводства (в широком смысле этого понятия). Таким образом, развитие низкоуглеродных видов энергии позволит минимизировать этот негативный эффект, что в принципе и является одним из стимулов развития зеленой экономики в настоящее время.

Другая группа ученых утверждает, что проблема и угрозы глобального потепления – миф, увеличение температуры на планете связано с долгосрочными температурными циклами и является естественным ходом событий. Тем не менее снижение зависимости от нефти, газа и угля и проведение политики энергетической диверсификации [Hamilton, 1983; Barsky and Kilian, 2004; Taghizadeh-Hesary et al., 2013, 2016; Taghizadeh-Hesary and Yoshino, 2016] – это еще один не менее важный мотив для развития зеленой экономики и зеленых финансов. Смягчение финансовой политики для развития доли зеленой экономики в мире является наиболее важным вызовом и ключевым фактором успеха достижения этой цели.

Объект и методы исследования

Понятие зеленых финансов сегодня появляется все чаще в русскоязычных СМИ и научной литературе и в основном фигурирует в контексте инвестиционных проектов и моделей экономического роста, предполагающих внедрение новых сберегающих технологий, зеленых финансовых продуктов, развития новых рынков альтернативной энергетики и видов зеленой энергии.

В работе проведен аналитический обзор различных терминов, понятий и их особенностей в рамках сравнительно новой для РФ концепции зеленых финансов. Эта работа проводилась на основе актуальной зарубежной научной литературы и эмпирических исследований, а также статистического сборника корпорации BP [BP Statistical Review of World Energy, 2019]. Целью первой части данной статьи является систематизация и классификация ключевых понятий в области зеленых финансов в контексте развития зеленой экономики.

Далее объектом исследования выступает стоимость капитала, характерная для зеленых инвестиционных проектов. Проводится анализ и систематизация различных эмпирических исследований, посвященных оценке зеленой премии / дисконта. На основе этого исследования мы предлагаем модификации общепринятых подходов оценки стоимости различных источников финансирования зеленых проектов.

Результаты и их обсуждение

Понятие и классификация зеленых финансов

Исследование ООН [Официальный сайт ООН, 2020] в области защиты окружающей среды показывает, что данное понятие во многих странах не закреплено и не устоялось, при этом в связи с растущим рынком зеленых инвестиций и международным распространением принципов зеленых инвестиций, все больше используется в сфере государственных финансов и в деловом обороте.

Разные страны сходятся в определении общих понятий зеленых финансов, к примеру, есть полное взаимопонимание в взаимосвязях и взаимозависимостях между категориями, низкоуглеродных финансов, зеленых финансов, устойчивых финансов, климатических финансов. Понятия «устойчивые финансы» или «финансы устойчивого развития» являются наиболее широкими в этой области по мнению всех стран и включают в себя социальные, экологические, климатические, экономические, управленческие и прочие категории, которые имеют отношение к зеленой экономике. Тем не менее те же исследования показали ряд значительных терминологических расхождений в формулировках частных категорий и понятий, например, в области описания зеленой инфраструктуры.

На основе исследованного материала можно представить общие взаимосвязи между сферами базовых категорий финансов зеленой экономики (рис. 1).

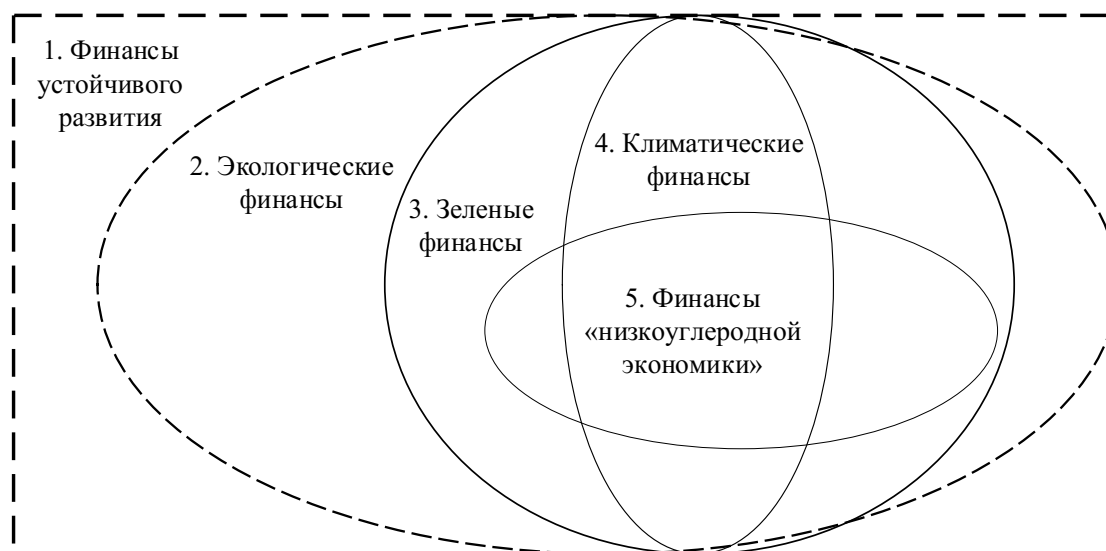


Рис. 1. Взаимосвязи между сферами базовых категорий финансов зеленой экономики

Fig. 1. Interconnections between the basic finance categories of the green economy

Источник: составлено автором на основе [Noh, 2019]

В табл. 1 показана классификация понятий, вовлеченных в экономические отношения, связанные с представленными на рис. 1 сферами финансов зеленой экономики.

С момента зарождения рынка зеленых облигаций в 2007 г., зеленые финансы и зеленая экономика прошли огромный путь развития. На этом пути было создано много разных отраслей зеленой экономики и соответствующих им зеленых сегментов финансового рынка.

Доступность альтернативной энергии возрастает с каждым годом в результате технологического прогресса и снижения ее стоимости. Из данных статистического обзора мировой энергетики ВР (2019) мы видим, как акценты мирового потребления энергии смещаются в пользу возобновляемых видов энергии (табл. 2).

В табл. 3 показаны структурные сдвиги в потреблении энергии в мире за последние два отчетных года, которые также свидетельствуют о росте потребления натурального газа и возобновляемых видов энергии с одновременным сокращением потребления нефти, как следствия развития и усиления роли доли зеленой экономики в мире.

Таблица 1

Table 1

Классификация понятий, используемых для описания экономических отношений в сфере развития зеленой экономики
 Classification of concepts used to describe economic relations in the development of a green economy

Наименование терминологического кластера	Ключевые и наиболее часто встречающиеся общепринятые понятия	Дополнительные категории, встречающиеся в некоторых страновых классификациях	Спорные понятия
1. СФЕРА УСТОЙЧИВЫХ ФИНАНСОВ			
1.2. Энергоэффективность	Программы утилизации теплоотходов. Промышленная энергоэффективность. Когенерация. Энергосберегающие технологии и энергоэффективные продукты.	Энергоэффективные продукты.	Энергоэффективность использования ископаемых видов топлива.
1.3. Прочее		Широкополосный доступ к интернету. Системы виртуальной конференцсвязи и технической поддержки. Центры обработки данных и сервера на базе возобновляемой энергии (в т. ч. майнинг в блокчейне). Низкоуглеродные мобильные энергетические станции.	
2. СФЕРА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФИНАНСОВ			
2.1. Чистая (зеленая) энергия	Ветряная энергетика Геотермальная энергетика Солнечная энергетика Гидроэнергетика Биомасса как источник энергии	Прочие возобновляемые источники энергии Переработка мусора как источник энергии Комбинированное производство тепловой и электрической энергии (когенерация)	-
2.2. Контроль за выбросами парниковых газов, не связанных / косвенно связанных с энергетикой	Сбор и утилизация метана на угольных шахтах. Снижение объемов выброса парниковых газов, вырабатываемых в технологических процессах производства цемента, химикатов и пр.	-	
2.3. Контроль за загрязнением окружающей среды и выбросами мусора	Контроль за загрязнениями воздуха и воды. Восстановление почвы и месторождений после добычи полезных ископаемых. Переработка мусора как источник энергии. Компостирование мусора. Мусороочистительные сооружения и фильтры.	-	Вопросы управления мусорными полигонами и свалками

Окончание табл. 1

Наименование терминологического кластера	Ключевые и наиболее часто встречающиеся общепринятые понятия	Дополнительные категории, встречающиеся в некоторых страновых классификациях	Спорные понятия
2.4. Вода	Защита и сбережение водных ресурсов	Муниципальное, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение. Улучшенный дренаж воды с поверхности земли. Контроль сточных вод для соблюдения регуляторных требований.	-
3. СФЕРА ЗЕЛЕННЫХ ФИНАНСОВ			
3.1. Сельское хозяйство и землепользование	Энергосберегающие и энергоэффективные технологии. Использование и контроль лесонасаждений и зеленых плантаций. Восстановление лесных массивов и устойчивое управление ими.	Охрана сельского хозяйства.	-
4. СФЕРА КЛИМАТИЧЕСКИХ ФИНАНСОВ			
4.1. Системы реагирования и управления чрезвычайными ситуациями и стихийными бедствиями	-	Устойчивая к чрезвычайным климатическим ситуациям инфраструктура. Системы раннего предупреждения чрезвычайных ситуаций. Страхование стихийных бедствий	-
5. СФЕРА ФИНАНСОВ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ			
5.1. Развитие "низкоуглеродной" инфраструктуры	Системы передачи, хранения и транспортировки возобновляемой энергии. Внедрение систем генерации и распределения энергии по технологиям «smart grid» и «mini grid».	-	-
5.2. Транспорт	Развитие доступной городской общественной транспортной инфраструктуры. Электрификация железных дорог.	Электромобили. Гибридные виды транспорта, Велосипедные виды транспорта. Улучшение логистики и транспортной доступности. Виды транспорта на альтернативных небензиновых видах топлива. Развитие пешей доступности инфраструктуры.	Дизельные виды железнодорожного транспорта. Железные дороги для перевозок ископаемых видов топлива.

Источник: составлено автором на основе [Официальный сайт ООН, 2020; Purkayastha, 2019].

Таблица 2

Table 2

Динамика (темпы роста) потребления различных видов энергии за период 2017–2018 гг.

Расчеты основаны на натуральных показателях (млн тонн в отчете BP)

Dynamics (growth rate) of consumption of various types of energy for the period 2017–2018.

Calculations are based on natural indicators (million tons in BP report)

Наименование региона/страны	Нефть	Нат. газ	Уголь	Ядерная энергия	Гидро-энергетика	Возобновл. энергия	2017-2018
Северная Америка	1,45 %	9,28 %	-5,96 %	0,48 %	-2,32 %	9,65 %	2,78 %
Южная и центральная Америка	-0,60 %	-2,46 %	3,66 %	3,10 %	1,51 %	12,16 %	0,31 %
Европа	-0,56 %	-2,05 %	-2,67 %	0,15 %	9,78 %	6,13 %	0,03 %
Страны СНГ	1,26 %	5,73 %	6,69 %	0,39 %	1,95 %	24,00 %	4,41 %
Средний восток	-0,11 %	4,95 %	-2,67 %	-1,04 %	-26,93 %	34,24 %	2,37 %
Африка	-0,40 %	6,55 %	3,90 %	-29,61 %	6,63 %	18,51 %	2,88 %
Азиатско-Тихоокеанский регион	2,67 %	7,42 %	2,54 %	12,10 %	4,19 %	25,03 %	4,14 %
Итого мир, в т. ч.	1,19 %	5,33 %	1,44 %	2,37 %	3,14 %	14,49 %	2,90 %
Россия	0,53 %	5,43 %	4,89 %	0,67 %	2,64 %	10,52 %	3,81 %
Доля стран ОЭСР	0,38 %	4,88 %	-3,54 %	0,60 %	2,12 %	8,59 %	1,47 %
Не-ОЭСР	1,94 %	5,72 %	3,02 %	7,46 %	3,67 %	24,15 %	3,91 %
Европейский Союз	-0,42 %	-1,56 %	-5,05 %	-0,32 %	15,70 %	4,76 %	-0,21 %

Источник: Составлено автором на основе [BP Statistical Review of World Energy, 2019].

Таблица 3

Table 3

Структурные сдвиги в потреблении различных видов энергии в мире в период 2017–2018 гг.

Structural shifts in consumption of various types of energy in the world in the period 2017–2018

Наименование региона/страны	Структурные сдвиги 2017–2018 гг.					
	Нефть	Нат. газ	Уголь	Ядерная энергия	Гидро-энергетика	Возобн. энергия
Северная Америка	-0,51 %	1,85 %	-1,13 %	-0,18 %	-0,30 %	0,26 %
Южная и центральная Америка	-0,41 %	-0,59 %	0,17 %	0,02 %	0,28 %	0,53 %
Европа	-0,22 %	-0,49 %	-0,42 %	0,01 %	0,63 %	0,48 %
Страны СНГ	-0,65 %	0,67 %	0,31 %	-0,20 %	-0,14 %	0,01 %
Средний восток	-1,13 %	1,29 %	-0,05 %	-0,01 %	-0,15 %	0,04 %
Африка	-1,36 %	0,96 %	0,22 %	-0,25 %	0,23 %	0,21 %
Азиатско-Тихоокеанский регион	-0,41 %	0,36 %	-0,74 %	0,15 %	0,00 %	0,63 %
Итого мир, в т.ч.	-0,57 %	0,55 %	-0,39 %	-0,02 %	0,02 %	0,41 %
Россия	-0,69 %	0,83 %	0,13 %	-0,20 %	-0,07 %	0,00 %
Доля стран ОЭСР	-0,42 %	0,86 %	-0,79 %	-0,07 %	0,04 %	0,38 %
Не-ОЭСР	-0,58 %	0,38 %	-0,31 %	0,07 %	-0,02 %	0,46 %
Европейский Союз	-0,08 %	-0,32 %	-0,67 %	-0,01 %	0,64 %	0,45 %

Источник: составлено автором на основе [BP Statistical Review of World Energy, 2019].

Несмотря на быстрорастущую долю и роль возобновляемой энергетики в мире ее развитие сдерживается недостаточным финансированием в ряде частей мира. Хуже всех развитие возобновляемой энергетики проходит в России, где потребление нефти замещается ростом доли натурального газа и угля (табл. 3). Рассмотрим проблемы, сдерживающие развитие зеленой экономики более подробно.

Проблемы и сдерживающие факторы развития зеленой экономики

Различные исследования последних лет посвящены выявлению проблем и причин недостаточности финансирования зеленой экономики и зеленых инвестиционных проектов [Noh, 2010, 2014a, 2014b, 2019; Heinkel, et al., 2001; Kaminker and Stewart, 2012; Gouldson, et al., 2015]. Одним из препятствий является то, что сектор зеленых инвестиций обладает недостаточной инвестиционной привлекательностью. Эта проблема связана с новизной технологий, соответствующими высокими рисками, проблемами с кредитными рисками заемщиков и эмитентов [Kaminker and Stewart, 2012]. В этой связи, роль государства в процессах развития зеленой экономики, зеленых финансов и зеленых финансовых инструментов, инструментов гибридного финансирования и ГЧП, позволяющих снижать финансовые риски и стоимость финансирования для этого сектора, очень важна и высока [Bardhan et al., 2014; Braun, and Hazelroth, 2015; Gouldson et al., 2015; Hall et al., 2016].

В исследовании [Yoshino, Taghizadeh-Hesary, 2017] отмечается, что во многих странах существуют следующие важнейшие проблемы развития зеленой экономики: дефицит экспертизы реализации зеленых инвестиционных проектов; объемы национальных рынков капитала недостаточно большие для финансирования требуемого объема зеленых инвестиций; сектора зеленых финансовых инструментов на рынке капитала испытывают проблемы с ликвидностью; стоимость капитала в стране сравнительно высока; присутствуют административные барьеры и высокие транзакционные издержки для крупных институциональных инвесторов и пр.

Из всех перечисленных ограничений, замедляющих развитие зеленой экономики, следует особенно выделить наиболее значимые – высокие кредитные и политические риски для зеленых инвестиционных проектов. Первое наиболее актуально для малых и средних инвестиционных проектов и неинституциональных эмитентов зеленых долговых инструментов. Политические риски проявляются в том, что будущее неконкурентоспособной и дорогой возобновляемой энергии во многом зависит от воли правительств и от их административного ресурса. Далее мы перейдем к исследованию вопросов финансирования зеленой экономики и особенностей оценки стоимости капитала для зеленых инвестиций.

Стоимость капитала зеленых инвестиционных проектов по сравнению с классическими инвестициями

Зеленые инвестиционные проекты в основном финансируются из собственных средств участников рынка, которые привержены принципам зеленой экономики, а также из привлеченных источников, в основном через инструменты долгового рынка. Ключевыми источниками долгосрочного финансирования зеленых инвестиционных проектов являются финансовые ресурсы пенсионных фондов, страховых компаний [IRENA, 2020], а к краткосрочным и среднесрочным источникам фондирования главным образом относятся банковские кредиты [Rakić, Mitić, 2012; Yoshino, Taghizadeh-Hesary, 2018].

Учитывая высокий уровень риска, свойственный для развивающегося рынка зеленых инвестиций, банковские классические кредиты являются не самой подходящей формой их финансирования, поскольку при этом все кредитные риски концентрируются в руках одного кредитора, и процентная ставка будет далеко не самой привлекательной. Кроме этого, во многих случаях кредит будет в принципе недоступен для частных зеленых инвестиционных проектов и для компаний без соответствующей репутации.

Вопросы оценки ставки дисконтирования и различные подходы, их сильные и слабые стороны, а также особенности их применения рассмотрены в статье [Дорофеев, 2015]. Зеленые

финансы и зеленые инвестиции внесли определенную специфику в принципы расчета стоимости капитала [Chava, 2014; Schubert & Barenbaum, 2019].

Компании, которые придерживаются практики социальной и экологической ответственности, получают экономические выгоды в форме более низкой стоимости капитала благодаря более высокому спросу со стороны инвесторов и более низким рискам [El Ghouli, et al., 2011, 2016]. Более того, в современном мире смещение акцентов с финансов в широком смысле этого понятия на более узкие категории – зеленые финансы и финансы устойчивого развития, дают корпорациям новый способ хеджирования будущих рисков, связанных с экологическими и социальными скандалами. Так, корпорации, производящие большой объем загрязнений окружающей среды, а также выпускающие продукцию и услуги, связанные с вооружениями, ядерными технологиями, табачными изделиями, алкоголем, азартными играми, медицинской продукцией из каннабиса и т. п., сталкиваются с более высокими рисками судебного преследования, систематическими рисками и рисками попадания в черные списки институциональных инвесторов [Hong & Kasperczyk, 2009]. Дополнительный фактор инвестиционной привлекательности в зеленых инвестициях – деловая репутация социально и экологически ответственной компании [Godfrey, 2005; Boutin-Dufresne & Savaria P, 2004].

В процессе обзора литературы мы встретили общий подход для оценки стоимости капитала, в котором традиционная модель оценки капитальных активов для зеленых инвестиций может быть модифицирована дополнением специфической зеленой премии к ожидаемой доходности инвестора [Noh, 2019]. При этом автор не указывает то, какова должна быть эта премия, а из описательной части идеи следует, что она должна быть положительной, предоставляя инвестору более высокую доходность от инвестирования в проекты с дополнительной зеленой стоимостью.

На наш взгляд, тезис о положительной премии при инвестировании в зеленые инвестиционные проекты ошибочен и противоречит рыночным реалиям. Судя по данным критической массы эмпирических исследований, в современном мире инвестор, придерживающийся принципов зеленых инвестиций, является скорее филантропом и консерватором, получая меньшую доходность и действуя в соответствии с общемировыми социально-политическими трендами.

Методы расчета стоимости капитала для самофинансирования и смешанной схемы финансирования зеленых инвестиционных проектов

Расчеты стоимости капитала для проектов в сфере зеленых инвестиций, для оценки корпораций, практикующих корпоративную социальную ответственность и защиту окружающей среды, проводятся с учетом того, что вся область зеленой и социально-ответственной деятельности сегодня поощряется мировым сообществом и крупными институциональными участниками мирового финансового рынка. Безусловно, в ряде случаев данный факт открывает возможности дешевле привлекать финансовые ресурсы на финансовом рынке под зеленые инвестиционные проекты. Как видоизменится модель оценки стоимости капитала с учетом этой тенденции? На наш взгляд, модель расчета стоимости акционерного капитала, привлекаемого под финансирование зеленых инвестиционных проектов, может быть представлена в виде формулы 1:

$$r_{green_equity_cost_of_capital} = r_{risk-free} + \beta * r_{historical_equity_market_premium} + \quad (1) \\ + r_{SGLO_premium} + r_{green_equity_premium} ,$$

где $r_{green_equity_cost_of_capital}$ – стоимость акционерного капитала, рассчитываемая на базе модифицированной модели CAPM; единицы измерения – проценты;

$r_{risk-free}$ – ставка условно безрисковой доходности, за которую в соответствии с международными практиками обычно принимают доходность десятилетних облигаций США,

либо доходность облигаций со сроком жизни, сопоставимым оцениваемой зеленой инвестицией, либо ключевую ставку Центрального банка; единицы измерения – проценты;

β – коэффициент бета, отражающий рыночный риск инвестиции; представляющий собой коэффициент зависимости между динамикой котировок оцениваемой акции и рыночного индекса в целом; единицы измерения – относительные безразмерные величины;

$r_{historical_equity_market_premium}$ – долгосрочная историческая премия за риск инвестирования в акции, рассчитываемая как разница между исторической доходностью рынка акций и исторической доходностью рынка облигаций; на практике, как правило, колеблется в диапазоне 4–6 % годовых в долларах США; единицы измерения – проценты;

$r_{SGLO_premium}$ – дополнительные премии инвестору за специфические риски эмитента, размер и темпы роста корпорации, ликвидность акции и прочее;

$r_{green_equity_premium}$ – премия (дисконт) для инвестора, предпочитающего вкладывать капитал в зеленые акции и развитие зеленой экономики.

Та же самая логика актуальна и для стоимости финансовых ресурсов, привлекаемых на долгом рынке, и соответственно при расчете стоимости долга, направляемого на кредитование зеленых проектов (формула 2):

$$r_{green_debt_cost_of_capital} = r_{risk-free} + r_{credit_risk_premium} + r_{green_debt_premium}, \quad (2)$$

где $r_{green_debt_cost_of_capital}$ – стоимость долга без учета налогового щита, рассчитываемая на базе аддитивной модели, учитывающей кредитные риски и кредитные рейтинги эмитента; единицы измерения – проценты;

$r_{risk-free}$ – ставка условно безрисковой доходности, за которую в соответствии с международными практиками обычно принимают доходность десятилетних облигаций США, либо доходность облигаций с сроком жизни, сопоставимым оцениваемой зеленой инвестицией, либо ключевую ставку Центрального банка; единицы измерения – проценты;

$r_{credit_risk_premium}$ – премия за кредитный риск эмитента, связанная с его структурой капитала и кредитными рейтингами; единицы измерения – проценты;

$r_{green_debt_premium}$ – премия (дисконт) для инвестора, предпочитающего кредитовать развитие зеленых инвестиций.

Отметим, что формула 2 не скорректирована на налоговый щит $(1 - T)$, соответственно, при проведении практических вычислений необходимо учитывать возможный эффект экономии на корпоративном налоге на прибыль, который создает использование долгового финансирования. Данный эффект можно учесть путем умножения стоимости долга до учета налогов на налоговый щит.

И последнее, что мы рассмотрим в методологии, – это модифицированная формула расчета средневзвешенной стоимости капитала, которая необходима для оценки проектов со смешанной формой финансирования (формула 3):

$$r_{green_WACC} = W_d * r_{green_debt_cost_of_capital} * (1 - T) + W_e * r_{green_equity_cost_of_capital}, \quad (3)$$

где r_{green_WACC} – средневзвешенная стоимость капитала, привлекаемого для финансирования зеленых инвестиций; единицы измерения – проценты;

W_d – доля долга в структуре капитала; единицы измерения – десятичная дробь;

W_e – доля акционерного капитала в структуре капитала; единицы измерения – десятичная дробь.

Определение специфической премии (дисконта) для зеленых облигаций

Дискуссионным вопросом является определение размера специфической премии за финансирование зеленых инвестиций. Получение ответов на этот вопрос представляется более

легкой задачей для долгового рынка, поскольку информационно-аналитическая база данных Bloomberg позволяет однозначно отфильтровать зеленые облигации от незеленых, кроме этого, на долговом рынке существует строгий контроль за целевым использованием зеленых финансовых ресурсов. Результаты анализа и систематизации ряда эмпирических исследований по вопросу определения премии зеленых облигаций по сравнению с традиционными показали большие противоречия и отсутствие единства мнений по данному вопросу. Премии сильно разнятся в диапазоне от негативной премии в размере -18 базисных пунктов в исследовании [Ehlers and Packer, 2017] до, как это ни парадоксально выглядит в контексте результатов обзора научной литературы, положительной премии в размере +12,04 базисных пунктов в исследовании [Bachelet, et al., 2019].

В [Zerbib, 2018] проанализировано 1065 облигаций за период 2013–2017 гг. В своей работе он пишет, что предпочтения зеленых инвесторов сегодня оказывают небольшое, тем не менее, скорее, положительное влияние на цены зеленых облигаций, приводя к возникновению негативной премии к доходности последних в размере около -2,0 базисных пункта по сравнению с их коричневыми аналогами. Автор отмечает, что главными детерминантами более низкой доходности зеленых облигаций являются рейтинги и тип эмитента. Кроме этого, он справедливо подчеркивает важность того, что существование слишком большой негативной премии к доходности зеленых облигаций опасно тем, что может дестимулировать зеленых инвесторов придерживаться своих финансовых стратегий.

Результаты исследований того же периода, но меньшей выборки облигаций в [Bachelet et al., 2019] противоречат идее отрицательной премии за риск для зеленых инвесторов. Авторы пишут про положительную премию за риск к доходности инвесторов в размере [+2,06 б. п.; +5,6 б. п.] и разделяют весь рынок зеленых облигаций на институциональный и частный сегменты, показывая, что институционалы на рынке зеленых облигаций, которых было найдено около 35 % всей выборки, действительно получают преимущества в финансировании, поскольку их облигации торгуются с негативной премией в диапазоне [-1,87 б. п.; -0,9 б. п.] к коричневым аналогам. В то же время, частные зеленые облигации торгуются с премией по доходности в размере [+3,02 б. п.; +12,04 б. п.] по сравнению с аналогичными коричневым аналогам. Объясняется эта особенность рынка зеленых облигаций тем, что у институциональных инвесторов есть накопленная положительная репутация и своеобразная положительная зеленая кредитная история. В отличие от них частные зеленые инвестиционные проекты и компании нередко нарушают принципы инвестирования, более рискованные и меньше отвечают специфическим требованиям и предпочтениям зеленых инвесторов.

Определение специфической премии (дисконта) для зеленых акций

Анализ премий для рынка акций и требуемой доходности акционерного капитала требует корректного составления выборки зеленых акций их коричневым аналогам, причем таким образом, чтобы они сохраняли эти характеристики в течение достаточно длительного времени. Дело в том, что в отличие от облигаций акции являются бессрочными финансовыми инструментами, больше подвержены цикличности и учитывают в цене больше факторов, связанных с деятельностью корпорации, чем облигации. Корпорации – не статичные структуры, они постоянно подстраиваются под современные тренды и вызовы. Так, множество нефтедобывающих, производящих алкоголь, табак и прочие формально незеленые продукты компании в 21-м веке все чаще отчитываются о том, как они работают в направлении озеленения своего бизнеса и поиска оптимальных путей соответствия требованиям зеленой и социально ответственной экономики.

Выявление эмитентов, работающих в зеленой экономике и не нарушающих принципы зеленого инвестирования – сложная задача, поскольку почти любая компания косвенно может быть задействована в коричневой экономике и периодически нарушать принципы зеленого инвестирования или социальной ответственности. Кроме этого, в инвестиционной оценке не принято сравнивать корпорации из разных отраслей, т. к. нередко разные сектора и даже отрасли в основном обладают совершенно разными особенностями финансового состояния и

разными финансовыми метриками. Проведение отраслевого или секторального анализа, к примеру, нефтегазового сектора с сектором здравоохранения, – более простая и выполняемая задача, однако, на наш взгляд, такой подход может привести к критическим погрешностям и искажению результатов исследования.

Наконец, очень дискуссионным является ответ на вопрос, какие именно индикаторы ожидаемой доходности акционера следует использовать. Вероятно, следует выбирать между средней дивидендной доходностью за последние пять лет, форвардным мультипликатором чистой прибыли на акцию к цене акции или пробовать проводить анализ на базе расчета требуемой доходности по вариациям модели оценки капитальных активов CAPM. Во всех перечисленных случаях заведомо будут получены различные значения ставки требуемой доходности (стоимости) акционерного капитала и в этом также заключаются риски искажения результатов [Дорофеев, 2015].

В работе [Reboredo, et al., 2017] авторы проверяли гипотезу о склонности инвесторов платить премию за развитие зеленой экономики. Гипотеза была подтверждена на основании того, что взаимные фонды акций энергетического сектора в период 2010–2016 гг. показывали меньшую инвестиционную привлекательность и более низкую доходность, чем взаимные фонды акций социально ответственных эмитентов, заботящихся о развитии зеленой экономики. На наш взгляд, нельзя считать полученные в работе выводы валидными ввиду вопросов, связанных с выборкой данных для проведения исследования.

Нельзя отрицать тот факт, что нефтегазовый сектор акций США действительно выглядит заметно хуже в росте капитализации по сравнению с широким рынком акций США. Так, с момента эмиссии первой зеленой облигаций в 2007 г. состоялось первое драматическое падение цен на нефть в 21-ом веке, наступил мировой финансовый кризис. В этот момент цены на энергетическом рынке вместе с ценами акций эмитентов нефтегазовой отрасли (XLE или ХОР) сильно разошлись с широким рынком акций США (SPY). Проведение графического анализа трендов в ценах данных инструментов производит впечатление, что участники рынка действительно стараются избегать нефтегазовой отрасли и не видят у нее будущего. В 2014 г. после публикации принципов функционирования рынка зеленых облигаций международной ассоциацией участников рынка капиталов (ICMA), произошел второй колоссальный обвал цен на нефтегазовом рынке, заставив ОПЕК принять меры по сокращению предложения нефти на рынке и переведя его на ручное управление. Вместе с тем сфера зеленых финансов получила существенный импульс в развитии.

В результате происходящих изменений за период с 2007 г. по н. в. широкий рынок акций США (SPY) вырос более чем на 130 %, а цены на нефть упали более чем на 5 %, при этом акции нефтегазового сектора (ХОР) упали более чем на 45 % [Tradingview, 2020]. Анализ текущих финансовых метрик нефтегазовой отрасли по сравнению с отраслями-аналогами, сопоставимыми по уровню долговой нагрузки, показывает следующее:

1. Текущая долларовая дивидендная доходность нефтегазовой отрасли США является самой высокой и составляет 4,25 % [Gurufocus, 2020] при средней доходности отраслей-аналогов (деревообрабатывающая промышленность, металлургия, тяжелая промышленность, здравоохранение, персональные услуги и пр.) на уровне 2,46 % и медианной доходности 2,39 %. Справочно, ключевая ставка ФРС США на момент исследования находится в диапазоне 1,5%–1,75 %. Получается, что премия за риск инвестирования в коричневые акции в среднем выше нейтральных акций на 1,8 % или 180 б. п. Выделить из нейтральных акций зеленые – представляется достаточно сложной задачей, заслуживающей решения в формате проведения самостоятельного исследования.

2. По показателю E/P сырьевые отрасли (нефтегазовая, деревообрабатывающая, металлургия) показывают наивысшие доходности и положительные премии к доходности традиционных отраслей рынка акций на уровне 3%–3,2 % или 320 б. п.

Таким образом, предварительно мы можем подтвердить гипотезу, что с момента начала развития рынка зеленых облигаций рынок расставил приоритеты не в пользу углеродной

экономики, однако более точная оценка премий или дисконтов инвестирования в зеленые акции требует дополнительного исследования этой гипотезы.

Отметим, что для табачной отрасли рынка акций США также в среднем характерна премия к ожидаемой доходности в размере 3,15 % по показателю текущей дивидендной доходности акции и 1 % по показателю ожидаемой акционерной доходности E/P.

Наконец, для отрасли производителей алкогольных продуктов гипотеза о приоритетности зеленых инвестиций не подтверждается. Акции эмитентов производителей алкогольной продукции торгуются с негативной премией по доходности к отраслям-аналогам по уровню долговой нагрузки. Отрицательная премия составляет -0,4 % по показателю текущей дивидендной доходности акции и -1 % по показателю ожидаемой акционерной доходности E/P.

Надо сделать оговорку, что полученные результаты представляют собой усредненные предварительные расчеты, т. к. проводились на основе отраслевых данных с анализом текущих, а не исторических значений показателей. Для более точных оценок требуется придерживаться лучших мировых практик оценки акций при расчете премий за риск и захватывать временные периоды от одного до нескольких десятков лет, поскольку в таком случае будут устранены сезонные и циклические колебания акций. Тем не менее полученные предварительные результаты можно использовать как опорную гипотезу в будущих исследованиях в данном направлении.

Заключение

Исследование научных публикаций по теме и статистики потребления различных видов энергии в мире показали растущую роль зеленых финансов в мире. Существует очевидный запрос от большого количества стран на изменение парадигмы энергетического баланса мировой экономики. Кроме этого, растет спрос на развитие и повышение объемов и ликвидности зеленого сегмента мирового финансового рынка капитала, в особенности рынка зеленых облигаций. Большая часть исследований отмечают, что эти сегменты финансового рынка на сегодняшний день остаются развивающимися и сравнительно недофинансированными.

Стоимость капитала для финансирования зеленых проектов – дискуссионный вопрос, на который получены разные ответы в разных эмпирических исследованиях. Исследования показывают значительный разброс размеров премий для зеленых облигаций по сравнению с традиционными или так называемыми коричневыми облигациями. Более половины авторов указывают на наличие негативной премии для зеленых облигаций и объясняют это особым статусом зеленого инвестора. Вместе с тем некоторые исследователи объясняют негативную премию тем, что зеленые инвестиции и зеленые принципы выступают новым видом хеджирования бизнес рисков, защищая инвесторов от вероятных будущих судебных преследований, связанных со скандалами в сфере экологии. Кроме этого, в работах исследователей, отмечающих негативную премию, отмечается нетривиальная вероятность ошибок в расчетах, связанных с невысокой ликвидностью рынка зеленых выбранных ими облигаций, и, следовательно, искаженными показателями их доходности.

Рынок облигаций в среднесрочном и долгосрочном периоде эффективен и инвесторами в первую очередь движут классические мотивации риска и доходности, а не флажок зеленой облигации. При всей популярности проблематики зеленого инвестирования мы не нашли достаточно убедительных и однозначных доказательств тому, что зеленые инвесторы действительно «голосуют деньгами» настолько активно, чтобы повлиять на рынки и сделать премии за риск инвестирования в зеленые облигации заметно ниже, чем у классических облигаций с сопоставимыми метриками. Противоречия результатов разных исследований также наводят на идею необходимости верифицировать проведенные результаты исследований в этой области.

Экспресс-анализ долевого рынка также показал определенные противоречия. С одной стороны, очевидны наличие давления и отрицательная динамика цен акций нефтегазового сектора. С 2007 г. интерес инвесторов к классическому энергетическому сектору рынка акций



США заметно сократился. Анализ доходностей различных секторов рынка акций США показал на начало 2020 г. наличие дополнительной премии за риск в размере 2,4–3,1 % (в зависимости от показателя ожидаемой доходности и методов расчета) для нефтегазового сектора относительно выборки сопоставимых по уровню долга отраслей-аналогов. Для более точной оценки этой премии необходимо проведение дополнительных исследований.

Список литературы

1. Дорофеев М.Л. 2015. Альтернативная концепция дисконтирования денежных потоков. Финансовая аналитика: проблемы и решения. № 7 (241): 21–36.
2. Информационно-аналитический портал Tradingview. URL: <https://www.tradingview.com/x/N3kiFrde/> (дата обращения 29.01.2020).
3. Информационно-аналитический портал Gurufocus. URL: https://www.gurufocus.com/industry_overview.php (дата обращения 29.01.2020).
4. Официальный сайт ООН. URL: http://unepinquiry.org/wp-content/uploads/2016/09/1_Definitions_and_Concepts.pdf (дата обращения 29.01.2020).
5. Официальный отчет ВР. Statistical Review of World Energy June 2019. URL: <http://www.bp.com/statisticalreview> (дата обращения 29.01.2020).
6. Официальный сайт международного агентства по возобновляемой энергетике. International Renewable Energy Agency (IRENA) (2020) URL: <https://www.irena.org/publications/2020/Jan/RE-finance-Green-bonds> (дата обращения 29.01.2020).
7. Arnell N., Lowe J., Challinor A., Osborn T. 2019. Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. Climatic Change. 155(3): 377–391. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02464-z>.
8. Bachelet, M., Becchetti L., & Manfredonia S. 2019. The Green Bonds Premium Puzzle: The Role of Issuer Characteristics and Third-Party Verification. Sustainability, 11(4), 1098. doi:10.3390/su11041098.
9. Barsky RB, Kilian L. 2004. Oil and the macroeconomy since the 1970s. J Econ Perspect 18(4): 115–134.
10. Boutin-Dufresne F. & Savaria P. 2004. Corporate social responsibility and financial risk. Journal of Investing, 13, 57–66.
11. Chava S. 2014. Environmental externalities and cost of capital. Management Science, 60(9), 2223–2247.
12. Ehlers T., Packer F. 2017. Green bond finance and certification. BIS Quarterly Review. URL: <https://ssrn.com/abstract=3042378>.
13. El Ghouli S., Guedhami O., Kwok, C., & Mishra, D. 2011. Does corporate social responsibility affect the cost of capital? Journal of Banking & Finance, 35, 2388–2406.
14. El Ghouli S., Guedhami O., Kim H., & Park K. 2016. Corporate Environmental Responsibility and the Cost of Capital: International Evidence. Journal of Business Ethics, 149(2), 335–361. doi:10.1007/s10551-015-3005-6.
15. Eckstein D., Künzel V., Schäfer L., Winges M. 2020. Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 1989 to 2018. Global climate risk index 2020. Germanwatch E.V. (Available at https://www.germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/20-2-01e%20Global%20Climate%20Risk%20Index%202020_16.pdf).
16. Hamilton JD. 1983. Oil and the macroeconomy since World War II. J Polit Econ 91(2):228–248.
17. Heinkel R., Kraus A. & Zechner J. 2001. The effect of green investment on corporate behavior. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 35, 431–449.
18. Hong H., & Kacperczyk, M. 2009. The price of sin: The effects of social norms on markets. Journal of Financial Economics, 93, 15–36.
19. Godfrey P. 2005. The relationship between corporate philanthropy and shareholder wealth: A risk management perspective. Academy of Management Review, 30(4), 777–798.
20. Gouldson A, Kerr N, Millward-Hopkins J, Freeman MC, Topi C, Sullivan R. 2015. Innovative financing models for low carbon transitions: exploring the case for revolving funds for domestic energy efficiency programmes. Energy Policy 86:739–748.
21. Kaminker, C. and Stewart, F. 2012. The role of institutional investors in financing clean energy. OECD working papers on finance, insurance and private pensions, no 23. OECD, Paris.
22. Noh H.J. 2019. Financial Strategies to Accelerate Green Growth. In: Sachs J., Woo W., Yoshino N., Taghizadeh-Hesary F. (eds) Handbook of Green Finance. Sustainable Development. Springer, Singapore.

23. Noh HJ. 2010. Strategies of developing green finance. Korea Capital Market Institute (KCMI), Seoul.
24. Noh HJ. 2014a. Financial strategies to activate green company eco system. KCMI, Seoul.
25. Noh HJ. 2014b. Climate finance. Park Young Sa, Seoul.
26. Purkayastha D. 2019. Managing Credit Risk and Improving Access to Finance in Green Energy Projects. In: Sachs J., Woo W., Yoshino N., Taghizadeh-Hesary F. (eds) Handbook of Green Finance. Sustainable Development. Springer, Singapore.
27. Reboredo, J. C., Quintela, M., & Otero, L. A. 2017.. Do investors pay a premium for going green? Evidence from alternative energy mutual funds. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 512–520. doi:10.1016/j.rser.2017.01.158.
28. Rakić S, Mitić P. 2012. Green banking: green financial products with special emphasis on retail banking products. Educons University, Sremska Kamenica.
29. Schubert W., & Barenbaum L. 2019.. Issues Involved with Calculating the Cost of Capital in the Not-for-Profit and Public Sectors. *Journal of Applied Business and Economics*, 21(5). <https://doi.org/10.33423/jabe.v21i5.2271>.
30. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N. 2015. Macroeconomic effects of oil price fluctuations on emerging and developed economies in a model incorporating monetary variables. *Econ Policy Energy Environ* 2:51–75.
31. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N. 2016. Monetary policy, oil prices and the real macroeconomic variables: an empirical survey on China, Japan and the United States. *China: Int J* 14(4):46–69.
32. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N, Abdoli G, Farzin A. 2013. An estimation of the impact of oil shocks on crude oil exporting economies and their trade partners. *Front Econ China* 8:571–591.
33. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N, Mohammadi Hossein Abadi M, Farboudmanesh R. 2016. Response of macro variables of emerging and developed oil importers to oil price movements. *J Asia Pac Econ* 21(1):91–102. <https://doi.org/10.1080/13547860.2015.1057955>.
34. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N, Rasoulinezhad E. 2017. Impact of the Fukushima nuclear disaster on the oil-consuming sectors of Japan. *J Comp Asian Dev* 16(2):113–134. <https://doi.org/10.1080/15339114.2017.1298457>.
35. Yoshino N, Taghizadeh-Hesary F. 2017. Alternatives to bank finance: role of carbon tax and hometown investment trust funds in developing green energy projects in Asia. ADBI working paper 761. Asian Development Bank Institute, Tokyo. Available at: <https://www.adb.org/publications/alternatives-bank-finance-role-carbon-tax-and-hometown-investment-trust-funds>.
36. Yoshino N, Taghizadeh-Hesary F. 2018. Alternatives to private finance: role of fiscal policy reforms and energy taxation in development of renewable energy project. In: Venkatachalam A, Kaliappa K, Fukunari K (eds) Financing for low-carbon energy transition. Unlocking the potential of private capital. Springer, Singapore, pp 335–358.
37. Zerbib O. 2018. The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds, *Journal of Banking and Finance*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2018.10.012>.

References

1. Dorofeev M.L. 2015. Al'ternativnaya koncepciya diskontirovaniya denezhnyh potokov [Alternative cash flow discounting concept]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya*. 7 (241): 21–36.
2. Informacionno-analiticheskij portal Tradingview [Information and analytical portal Tradingview]. URL: <https://www.tradingview.com/x/N3kiFrde/> (data obrashcheniya 29.01.2020).
3. Informacionno-analiticheskij portal Gurufocus [Information and analytical portal Gurufocus]. URL: https://www.gurufocus.com/industry_overview.php (data obrashcheniya 29.01.2020).
4. Oficial'nyj sajt OON [UN official website]. URL: http://unepinquiry.org/wp-content/uploads/2016/09/1_Definitions_and_Concepts.pdf (data obrashcheniya 29.01.2020).
5. Statistical Review of World Energy June 2019. URL: <http://www.bp.com/statisticalreview> (data obrashcheniya 29.01.2020).
6. International Renewable Energy Agency (IRENA) (2020) URL: <https://www.irena.org/publications/2020/Jan/RE-finance-Green-bonds> (data obrashcheniya 29.01.2020).
7. Arnell N., Lowe J., Challinor A., Osborn T. 2019. Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*. 155 (3): 377–391. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02464-z>.
8. Bachelet, M., Becchetti L., & Manfredonia S. 2019. The Green Bonds Premium Puzzle: The Role of Issuer Characteristics and Third-Party Verification. *Sustainability*, 11(4), 1098. doi:10.3390/su11041098.



9. Barsky RB, Kilian L. 2004. Oil and the macroeconomy since the 1970s. *J Econ Perspect* 18(4):115–134.
10. Boutin-Dufresne F. & Savaria P. 2004. Corporate social responsibility and financial risk. *Journal of Investing*, 13, 57–66.
11. Chava S. 2014. Environmental externalities and cost of capital. *Management Science*, 60(9), 2223–2247.
12. Ehlers T., Packer F. 2017. Green bond finance and certification. *BIS Quarterly Review*. URL: <https://ssrn.com/abstract=3042378>.
13. El Ghouli S., Guedhami O., Kwok, C., & Mishra, D. 2011. Does corporate social responsibility affect the cost of capital? *Journal of Banking & Finance*, 35, 2388–2406.
14. El Ghouli S., Guedhami O., Kim H., & Park K. 2016. Corporate Environmental Responsibility and the Cost of Capital: International Evidence. *Journal of Business Ethics*, 149(2), 335–361. doi:10.1007/s10551-015-3005-6.
15. Eckstein D., Künzel V., Schäfer L., Wügel M. 2020. Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 1989 to 2018. *Global climate risk index 2020*. Germanwatch E.V. (Available at https://www.germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/20-2-01e%20Global%20Climate%20Risk%20Index%202020_16.pdf).
16. Hamilton JD 1983. Oil and the macroeconomy since World War II. *J Polit Econ* 91(2):228–248.
17. Heinkel R., Kraus A. & Zechner J. 2001. The effect of green investment on corporate behavior. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 35, 431–449.
18. Hong H., & Kacperczyk M. 2009. The price of sin: The effects of social norms on markets. *Journal of Financial Economics*, 93, 15–36.
19. Godfrey P. 2005. The relationship between corporate philanthropy and shareholder wealth: A risk management perspective. *Academy of Management Review*, 30(4), 777–798.
20. Gouldson A, Kerr N, Millward-Hopkins J, Freeman MC, Topi C, Sullivan R. 2015. Innovative financing models for low carbon transitions: exploring the case for revolving funds for domestic energy efficiency programmes. *Energy Policy* 86:739–748.
21. Kaminker, C. and Stewart, F. 2012. The role of institutional investors in financing clean energy. *OECD working papers on finance, insurance and private pensions*, no 23. OECD, Paris.
22. Noh H.J. 2019. Financial Strategies to Accelerate Green Growth. In: Sachs J., Woo W., Yoshino N., Taghizadeh-Hesary F. (eds) *Handbook of Green Finance*. Sustainable Development. Springer, Singapore.
23. Noh HJ 2010. Strategies of developing green finance. Korea Capital Market Institute (KCMI), Seoul.
24. Noh HJ. 2014a. Financial strategies to activate green company eco system. KCMI, Seoul.
25. Noh HJ. 2014b. Climate finance. Park Young Sa, Seoul.
26. Purkayastha D. 2019. Managing Credit Risk and Improving Access to Finance in Green Energy Projects. In: Sachs J., Woo W., Yoshino N., Taghizadeh-Hesary F. (eds) *Handbook of Green Finance*. Sustainable Development. Springer, Singapore.
27. Reboredo J.C., Quintela M., & Otero L.A. 2017. Do investors pay a premium for going green? Evidence from alternative energy mutual funds. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 512–520. doi:10.1016/j.rser.2017.01.158.
28. Rakić S, Mitić P. 2012. Green banking: green financial products with special emphasis on retail banking products. Educons University, Sremska Kamenica.
29. Schubert W., & Barenbaum L. 2019. Issues Involved with Calculating the Cost of Capital in the Not-for-Profit and Public Sectors. *Journal of Applied Business and Economics*, 21(5). <https://doi.org/10.33423/jabe.v21i5.2271>.
30. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N. 2015. Macroeconomic effects of oil price fluctuations on emerging and developed economies in a model incorporating monetary variables. *Econ Policy Energy Environ* 2:51–75.
31. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N. 2016. Monetary policy, oil prices and the real macroeconomic variables: an empirical survey on China, Japan and the United States. *China: Int J* 14(4):46–69.
32. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N, Abdoli G, Farzinvash A. 2013. An estimation of the impact of oil shocks on crude oil exporting economies and their trade partners. *Front Econ China* 8:571–591.
33. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N, Mohammadi Hossein Abadi M, Farboudmanesh R. 2016. Response of macro variables of emerging and developed oil importers to oil price movements. *J Asia Pac Econ* 21(1):91–102. <https://doi.org/10.1080/13547860.2015.1057955>.

34. Taghizadeh-Hesary F, Yoshino N, Rasoulinezhad E. 2017. Impact of the Fukushima nuclear disaster on the oil-consuming sectors of Japan. *J Comp Asian Dev* 16(2): 113–134. <https://doi.org/10.1080/15339114.2017.1298457>.

35. Yoshino N, Taghizadeh-Hesary F. 2017. Alternatives to bank finance: role of carbon tax and hometown investment trust funds in developing green energy projects in Asia. ADBI working paper 761. Asian Development Bank Institute, Tokyo. Available at: <https://www.adb.org/publications/alternatives-bank-finance-role-carbon-tax-and-hometown-investment-trust-funds>.

36. Yoshino N, Taghizadeh-Hesary F. 2018. Alternatives to private finance: role of fiscal policy reforms and energy taxation in development of renewable energy project. In: Venkatachalam A, Kaliappa K, Fukunari K (eds) *Financing for low-carbon energy transition. Unlocking the potential of private capital*. Springer, Singapore, pp 335–358.

37. Zerbib O. 2018. The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds, *Journal of Banking and Finance*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbankfn.2018.10.012>.

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Дорофеев М.Л. 2020. Особенности расчета стоимости капитала в концепции зеленых финансов и зеленых инвестиций. *Экономика. Информатика*. 47 (2): 338–353. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-338-353.

Dorofeev M.L. 2020. Cost of capital calculation features in the concept of green finance and green investments. *Economics. Information technologies*. 47 (2): 338–353 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-338-353.



КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК 519.24

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-354-361

О САМООБУЧАЮЩИХСЯ МАШИННЫХ СИСТЕМАХ В ПРОЦЕССЕ АВТОРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ БАНКОМАТОВ

ABOUT SELF-LEARNING MACHINE SYSTEMS IN THE PROCESS OF AUTHORIZATION OF USERS OF ATMs

М.В. Бирюков, Н.А. Климова, Т.В. Гостищева

M.V. Biryukov, N.A. Klimova, T.V. Gostishcheva

Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, д. 116а

Belgorod University of Cooperation, Economics & Law, 116a, Sadovaya Street, Belgorod, 308023, Russia

E-mail: briu@ya.ru, natalya.zadorojnaia@yandex.ru, gtv432@mail.ru

Аннотация

Целью данной статьи является дополнение комплекса мер безопасности, направленных на предотвращение мошеннических действий в процессе авторизации клиентов банкоматов и платежных терминалов. Необходимость исследования проблемы безопасности банкоматов в процессе авторизации клиентов обусловлена тем, что процент мошенничеств и хищений средств банкоматов не снижается, и на каждое средство повышения безопасности появляются меры противодействия мошенников. В связи с тем, что временной интервал между появлением нового мошеннического алгоритма и появлением средства противодействия ему все еще высок, мы видим необходимость создания и внедрения самообучающихся машинных алгоритмов в процессе авторизации клиентов банкоматов. В работе предложен алгоритм создания программного обеспечения онлайн-мониторинга авторизации клиентов на базе искусственного интеллекта. В ходе исследования использовались общенаучные методы (наблюдение, сравнение); экономико-статистические методы обработки данных (группировка, сравнение, анализ воздействия на бизнес (BIA)), анализ причин и следствий, техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности. Результатом исследования является алгоритм создания ПО, анализирующего легитимность авторизации клиентов банкоматов, обоснование целесообразности его применения.

Abstract

The purpose of this article is addition of security measures, which aimed at preventing fraud in ATM customers authorizing and payment terminals. Necessity of the ATM security problems studying in ATM users authorization is due to the fact that the percentage of fraud and embezzlement of ATMs is not reduced, and countermeasures are introduced for each means of improving security. Due to the fact that the time interval between the emergence of a new fraudulent algorithm and the appearance of a countermeasure to it is still high, we see the need to create and implement self-learning machine algorithms in the process of authorizing ATM clients. The article proposes an algorithm for creating software for online monitoring of client authorization based on artificial intellect. The study used general scientific methods (observation, comparison); economic statistical data processing methods (grouping, comparison, business impact analysis (BIA)), cause and effect analysis, maintenance activities designed to ensure reliability. The result of the study is an algorithm for creating software that analyzes the legitimacy of authorization of ATM customers, the rationale for the expediency of its use.

Ключевые слова: информационная безопасность; банковские карты; искусственный интеллект; платёжные системы; авторизация; самообучающиеся машины.

Keywords: information security; bank cards; artificial intelligence; payment systems; authorization; self-learning machines.

Введение

Необходимость исследования проблемы использования банковских карт обусловлена тем, что они являются важнейшей тенденцией развития технологии безналичных расчетов в банковской сфере. Банковские карты предоставляют как физическим, так и юридическим лицам множество преимуществ. Среди этих преимуществ можно выделить удобство, надежность, практичность, минимальные временные затраты и экономия живого труда [Вахитов, Силич, 2010]. Рынок пластиковых карт переживает важный момент своего развития. От элитных, доступных лишь высокооплачиваемым категориям населения, пластиковые карты превращаются в достаточно демократичное средство расчетов. Производство банковских карт позволяет интегрироваться в мировую систему банковских услуг, поднять деловой имидж банка, завоевать рынок и привлечь клиентуру, дает возможность овладеть новейшими банковскими технологиями, увеличить скорость расчетов, исключить ошибки и злоупотребления со стороны банковских служащих [Гладких, 2010].

Однако пластиковые карты, являясь удобным способом доступа к деньгам на карточном счете, неизбежно становятся и объектом внимания злоумышленников [Акулич, 2011]. Так, например, по данным аналитического центра Zecurion, за январь – июнь 2018 года злоумышленники похитили с помощью скимминга 1000 млн рублей, с помощью фишинга – 170 млн рублей. **Целью** данной статьи является дополнение комплекса мер безопасности, направленных на предотвращение мошеннических действий по банковским картам клиентов с помощью дополнительных средств анализа аутентификации клиентов.

В ходе исследования использовались общенаучные **методы** (наблюдение, сравнение); экономико-статистические методы обработки данных (группировка, сравнение, анализ воздействия на бизнес (BIA)), анализ причин и следствий, техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности.

Результатом исследования является алгоритм создания ПО, анализирующего легитимность авторизации клиентов банкоматов, обоснование целесообразности его применения.

Целесообразность использования систем самообучающегося интеллекта в банковской сфере

К 2019 году в большинстве отраслей бизнеса и коммерции растет доля применения технологий на базе самообучающихся машинных систем или искусственного интеллекта (далее ИИ). За последние 5 лет доля финансирования ИИ-отрасли в мире увеличилась десятикратно и подошла к отметке в 3,5 млрд долларов [Жихарев и др., 2014]. Лидерами финансирования ИИ-отрасли является КНР и США, ощутимые прорывы в области самообучающихся систем и их внедрения в коммерческую отрасль произошли в Японии, Южной Корее и ряде стран Западной Европы. На сегодняшний день в области ИИ происходит эволюционный и революционный скачок, результатом которого станет вытеснение традиционных технологий и алгоритмов, используемых в бизнесе, на ИИ-технологии [Ефимов, Якимов, 2009]. В перспективе ближайших пяти лет речь идет о 30-процентном замещении вспомогательных бизнес-структур, в том числе автоматизации ряда профессий и полного отказа от человеческого труда в ряде направлений. На сегодняшний день риски апробации и внедрения ИИ-технологий становятся меньше каждый месяц, т.к. от накопительного и экспериментального процесса данная технология пришла к качественному и более «точечному» применению. Сформировалась так называемая база универсальных ИИ-алгоритмов, чье применение возможно в разнообразных сферах с несущественными

преобразованиями. Так например, разработанный в 2015 году российской компанией N-Tech.Lab алгоритм FaceN предложил универсальную систему распознавания лиц, применение которой возможно в подавляющем количестве систем авторизации пользователей. Красноречивым примером может быть разработка отечественной компании DigitalGenius, позволяющая полностью автоматизировать переписку, информационный чат между клиентами и компанией [Жихарев и др., 2016].

Если говорить о финансовых выгодах применения в сфере банковского обслуживания, то они неоспоримы в силу того, что единообразные вложения в создание ИИ-алгоритма позволят использовать полученный продукт неограниченное количество времени без дальнейших затрат на амортизацию, при этом сокращая расходы на персонал, аренду помещений и избегая рисков человеческого фактора. На данный момент стоимость разработки оригинального ИИ-алгоритма колеблется в широком диапазоне, где одна и та же услуга может быть оценена с разностью в 10 раз [Егоров и др., 2018], в силу большого предложения от разработчиков компаний различных стран. Так разработка уникального распознавателя лиц может стоить до 100 тыс. долларов США, а распознаватель лиц, компилирующий уже созданные алгоритмы, может обойтись и в 1000 долларов [Жихарев, Маторин, 2014]. Стоимость ИИ-алгоритма определяется рядом факторов, среди которых:

1. Уникальность разработки;
2. Необходимость переоснащения технического оборудования;
3. Объем вводимых данных для анализа ИИ. [Бегунов и др., 2010]

ИИ-алгоритмы, использующие прошлые разработки и не требующие технологического дооборудования, минимальны в цене (сотни долларов), их предложение существенно превышает спрос.

Красноречиво выглядят перспективы использования ИИ в финансовой сфере (рис.1) на период ближайших пяти лет.



Рис. 1. Оценка влияния технологии ИИ в течении пяти лет в финансовой сфере (% респондентов)
Fig. 1. Assessment of the impact of AI technology for five years in the financial sector (% of respondents)

ИИ-технологии могут применяться (в ряде стран уже применяются) в следующих сферах банковского обслуживания:

1. Чат-боты и робоэдвайзинг (автоматизированные справочные системы);
2. IoT (Internet of Things) (автоматизация приобретения услуг и товаров);
3. Антифрод. Нейтрализация внешних и инсайдерских угроз;
4. Повышение операционной эффективности;
5. Оптимизация коллекторской деятельности;
6. Повышение надежности авторизации клиентов [Гаврилова, 2016].

На последнем пункте данного списка мы более подробно остановимся в следующей части нашей работы.

Использование ИИ для выявления мошеннических действий пользователей банкоматов

Безусловно, лучшей авторизацией клиента является незаметная для него авторизация. Кроме стандартной паролевой (ввод пин-кода) авторизации клиентов банкомата существует и активно используется ряд биометрических способов подтверждения личности:

- Сканирование сетчатки глаза;
- Авторизация по отпечатку пальца или ладони;
- Анализ венозного рисунка;
- Трехмерное сканирование лица;
- Голосовая авторизация и пр. [Дюк и др., 2011].

Любой способ биометрической авторизации имеет несложные способы его обхода [Асадуллаев, 2017]. На сегодняшний день возможно воссоздать трехмерную копию лица с помощью 3D-принтера и существующего программного обеспечения, создающего 3D-маску по ряду двумерных фотографий (которые, как правило можно скопировать из аккаунтов социальных сетей). Именно поэтому остро стоит разработка универсального ИИ для авторизации пользователя и, что важнее, анализирующего поведение клиента в режиме настоящего времени [Жихарев и др., 2015a].

Алгоритм самообучающегося ИИ авторизации клиентов банкоматов должен «самообучиться» таким образом, чтобы смог в режиме реального времени анализировать видеопоток с камер слежения и делать выводы о типичном и подозрительном поведении пользователя. На первом этапе работы для создания «библиотеки» подозрительного поведения ИИ необходимо предоставить видео с записями прошлых мошенничеств. Используя существующие методы распознавания контуров человека нужно предоставить возможность ИИ проанализировать поведение субъектов видео у банкомата, приведшие к мошенничеству или хищению средств из банкомата [Жихарев и др., 2015b]. Таким образом алгоритм ИИ создаст библиотеку подозрительной активности клиентов. На втором этапе разработки необходимо измерить эффективность алгоритма. Для этого нужно предоставить ряд неизвестных до этого видеозаписей мошенничеств и статистически измерить, в каком проценте из них ИИ посчитает поведение субъектов подозрительным. Общая схема этапов работы над алгоритмом ИИ представлена на рис. 2. Проанализировав результаты можно будет делать выводы об эффективности алгоритма и необходимости его дальнейшей доработки.

По нашим оценкам для разработки и создания данного алгоритма требуется база видеозаписей мошенничеств (которую возможно создать лишь существующим банкам и МВД РФ), насчитывающую более 1000 записей (для обеспечения погрешности в 0,1 %), сервер для написания и хранения кода, а также банкоматы, оснащенные достаточными вычислительными мощностями для работы алгоритма в режиме реального времени. Основным алгоритмом при написании программного продукта будет самостоятельный анализ видеозаписей при помощи утилиты распознавания контуров человека на предмет типичных поведенческих шаблонов. При этом алгоритму заранее будет известно – запечатлено ли на видеозаписи будущее хищение или это штатное обналичивание средств. Таким образом, алгоритм должен накопить «библиотеку признаков правонарушений» и в дальнейшем в режиме онлайн должен сопоставлять данные признаки с реальным потоком видео с целью прогнозирования поведения клиента. В случае негативного прогноза алгоритм в кратчайшие сроки

(до 8–10 секунд, для этого соответствующий софт должен быть установлен в ОС банкомата, в случае удаленного сканирования временной интервал может быть излишним, ввиду зависимости от интернет-трафика) блокирует или отменяет операции клиента и сообщает о дальнейшей невозможности работы терминала.

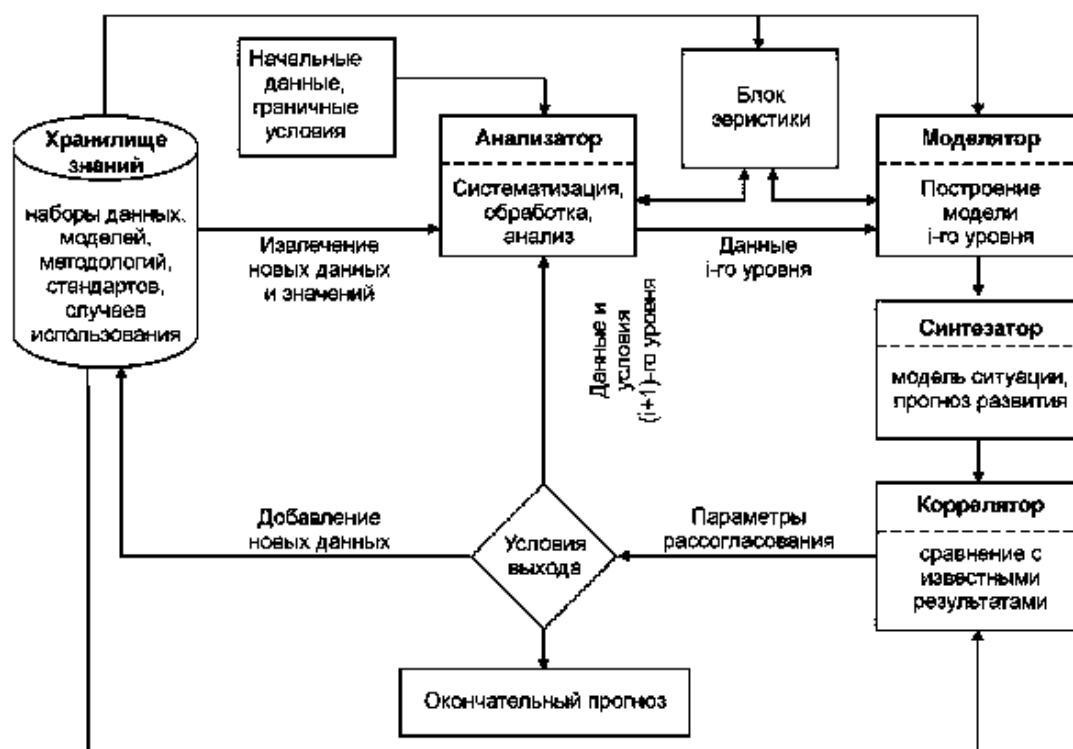


Рис. 2. Схема работы алгоритма ИИ, анализирующего авторизацию клиентов банкоматов
Fig. 2. The scheme of operation of the AI algorithm, analyzing the authorization of ATM customers

На сегодняшний день оценить стоимость затрат на создание и апробацию подобного алгоритма можно лишь с высокой степенью приближенности, и это сумма порядка 50–100 тысяч долларов. Однако необходимость разработки подобного ПО очевидна и является лишь вопросом скорейшего времени. Для разработки данного алгоритма самым ценным ресурсом является библиотека видеозаписей, сделанных с банкоматов и запечатлевших не менее 1000 фактов мошенничества. Стоимость оборудования для написания алгоритма не превышает нескольких тысяч долларов. Необходим персонал в виде штата программистов (5–10 человек), имевших опыт написания ИИ ПО, и временной ресурс от месяца до полугода для тестирования и апробации ПО.

Использование контурного анализа в алгоритме авторизации

Уже два десятилетия применяются системы распознавания и визуальные интерпретаторы. Исходя из особенностей систем видеонаблюдения (невысокая частота кадров, стационарное расположение, низкое разрешение, отсутствие зума и пр.) для компиляции анализатора изображений оптимально использование метода активных контуров движущегося изображения Дж. Кэнни [Жихарев и др., 2013].

Растр границы (x_0, y_0) , расположенный в примыкающей области (x, y) , определяется как исходный (x, y) исходя из модуля градиента, если:

$$\nabla f(x, y) - \nabla f(x_0, y_0) \leq E,$$

где E – установленный положительный порог, и по вектору градиента, если

$$\alpha(x, y) - \alpha(x_0, y_0) \leq A,$$

где $\alpha(x, y) = \arctg \frac{\partial x}{\partial y}$, A – заданный порог поворота.

Растр в данной площади объединяется с центральным (x, y) , при выполнении критериев значения и сходства. Данный процесс циклично повторяется в каждом растре изображения с фиксированием предыдущих связанных растров при движении условного центра площади.

Алгоритм Кэнни включает в себя:

- размытие картинки в пределах выделенного контура для сокращения шума;
- градиентный поиск (отметка наличия границ при максимальном градиенте);
- подавление краев несвязанных с однозначно выявленными границами;
- определение потенциальных границ с помощью двойной пороговой фильтрации.

Главным недостатком метода Кэнни является невозможность задачи контуров при однородных цветах объектов или объектах с высокой градиентной составляющей.



Рис. 3. Пример определения контуров с помощью алгоритма Кэнни

Fig. 3. An example of determining the contours using the Canny algorithm

Для уменьшения вычислительной нагрузки и сокращения времени анализа нами предлагается с условным интервалом (утром, до начала «рабочего» дня, но при оптимальной освещенности) задавать кадр-эталон. Любые изображения в кадре, отличные от эталона, и должны подвергаться поведенческому анализу. Отличие кадров от эталонного дает возможность практически моментального выявления контуров новых объектов (в частности лиц, проходящих авторизацию, контуров тела и пр.) и применять к ним анализатор поведения, который будет сравнивать контурные маски и заданные поведенческие шаблоны правонарушений. Именно использование сравнения с эталонным изображением позволит безошибочно выявлять контуры объектов и нивелирует погрешности контуроопределения метода Кэнни.

Заключение

Из статистики известно, что в результате одного хищения банк теряет средства, сопоставимые с затратами на содержание банкомата и его стоимостью за несколько лет. Сумма среднего хищения банкомата в 2018 году составляла 150–200 тыс. руб. Исходя из этого, если поведенческий алгоритм позволит сократить процент хищений банкоматов хотя бы на 5–10 %, это позволит окупить его затраты к пятидесятому хищению. На сегодняшний день в РФ работает более 206 тысяч банкоматов, и по статистике каждый в среднем подвергается 2 попыткам взлома ежегодно. Следовательно, ПО подобного рода необходимо, а затраты на разработку и внедрение несопоставимы с возможными убытками. Если говорить о рисках, то главной возможной уязвимостью является сам программный продукт. С помощью внешнего изменения кода его работоспособность и функции можно изменить, но такие же риски несет



весь комплекс ПО банкоматов, т. е. в данном ключе риски остаются неизменны. Появление и внедрение программного обеспечения, анализирующего поведение клиентов, вопрос ближайших нескольких лет.

Список литературы

1. Акулич И.Л. 2011. Математическое программирование в примерах и задачах: учебное пособие. СПб., Издательство «Лань», 352.
2. Асадуллаев Р.Г., Ломакин В.В., Белоконь Ю.Ю., Зайцева Т.В., Резниченко О.С. 2017. Модели и средства поддержки принятия решений в системах переподготовки кадров предприятия. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика. 23 (272), вып. 44: 148–158.
3. Бегунов Н.А., Клебанов Б.И., Рапопорт И.А. 2010. Объединение подходов интеллектуального анализа данных и имитационного моделирования для прогнозирования доходов бюджета. Автоматизация и современные технологии, 12: 37–40.
4. Вахитов А.Р., Силич В.А. 2010. Использование нечеткого логического вывода для интеллектуального анализа данных. Известия Томского политехнического университета, 317 (5): 171–174.
5. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. 2016. Инженерия знаний. Модели и методы. М., Издательство «Лань», 324.
6. Гладких Н.А. 2010. Оптимизация систем электронного документооборота на основе интеллектуального анализа данных. В мире научных открытий, 4 (11): 122–123.
7. Дюк В.А., Флегонтов А.В., Фомина И.К. 2011. Применение технологий интеллектуального анализа данных в естественнонаучных, технических и гуманитарных областях. Известия российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, 138: 77.
8. Егоров И.А., Маторин С.И., Жихарев А.Г. 2018. Системно-объектное имитационное моделирование химических загрязнений подземных вод в горнопромышленном кластере. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, 45 (3): 510–523.
9. Ефимов С.Н., Якимов Л.С. 2009. Применение технологии нейронных сетей для интеллектуального анализа данных. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 2 (2): 64–70.
10. Жихарев А.Г., Болгова Е.В., Гурьянова И.В., Маматова О.П. 2014. О перспективах развития системно-объектного метода представления организационных знаний. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 1 (172): 110–114.
11. Жихарев А.Г., Корчагина К.В., Бузов П.А., Акулов Ю.В., Жихарева М.С. 2016. Об имитационном моделировании производственно-технологических систем. Сетевой журнал «Научный результат», серия «Информационные технологии», 3 (3): 25–31.
12. Жихарев А.Г., Маторин С.И. 2014. Системно-объектное моделирование технологических процессов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 21 (192): 137–142.
13. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Зайцева Н.О. 2015. Системно-объектное имитационное моделирование транспортных и технологических процессов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 7 (204): 159–170.
14. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Зайцева Н.О. 2015. Системно-объектный инструмент для имитационного моделирования технологических процессов и транспортных потоков. Искусственный интеллект и принятие решений, 4: 95–103.
15. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. 2013. О системно-объектном методе представления организационных знаний. Научные ведомости БелГУ. Сер. Информатика, 8 (151): 137–146.

References

1. Akulich I.L. 2011. Mathematical programming examples and problems: a tutorial. SPb., LanPublishingHouse, 352. (in Russian)

2. Asadullaev R.G., Lomakin V.V., Belokon Y.Y., Zaitseva T.V., Reznichenko O.S. 2017. Models and methods of decision support in the information systems for requalification of employees. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies*, 23 (272), Issue 44: 148–158.
3. Begunov N.A., Klebanov B.I., Rapoport I.A. 2010. Combining the approaches of data mining and simulation modeling to predict future revenues. *Automation and modern technologies*, 12: 37–40. (in Russian)
4. Vakhitov A.R., Silich V.A. 2010. The use of fuzzy inference for data mining. *Proceedings of Tomsk polytechnic university*, 317 (5): 171–174. (in Russian)
5. Gavrilova T.A., Kudryavtsev, D.V., Muromtsev D.I. 2016. Knowledge Engineering. Models and methods. M., Publishing House "LAN", 324. (in Russian)
6. Gladkich N.A. 2010. Optimization of electronic document management systems based on data mining. *In the world of scientific discoveries*, 4 (11): 122–123. (in Russian)
7. Duke V.A., Flegontov A.V., Fomin I.K. 2011. The application of data mining technology in scientific, technical and humanitarian fields. *Bulletin of the Russian State Pedagogical University. A.I. Herzen*, (138): 77. (in Russian)
8. Yegorov I.A., Matorin S.I., Zhikharev A.G. 2018. System-object simulation modeling of chemical pollution of groundwater in the mining cluster. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. Economics. Information technologies*, 45 (3): 510–523 (in Russian).
9. Efimov S.N., Yakimov L.S. 2009. Application of neural network technology for data mining. *Collection of scientific works on the materials of the international scientific-practical conference*. 2 (2): 64–70. (in Russian)
10. Zhikharev A.G., Bolgova E.V., Gur'yanova I.V., Mamatova O.P. 2014. On the prospects for the development of a system-object method for representing organizational knowledge. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. History. Political science. Economics. Information technologies*, 1 (172): 110–114.
11. Zhikharev A.G., Korchagina K.V., Buzov P.A., Akulov Yu.V., Zhikhareva M.S. 2016. On simulation modeling of production and technological systems. *Network journal "Scientific result", a series of "Information technology"*, 3 (3): 25–31 (in Russian).
12. Zhikharev A.G., Matorin S.I. 2014. System-object modeling of technological processes]. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. History. Political science. Economics. Information technologies*, 21 (192): 137–142.
13. Zhikharev A.G., Matorin S.I., Zajceva N.O. 2015. System-object simulation of transport and technological processes. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. History. Political science. Economics. Information technologies*, 7 (204): 159–170.
14. Zhikharev A.G., Matorin S.I., Zaitseva N.O. 2015. System-Object Tools for Simulation Modeling of Technological Processes and Transport Flows. *Artificial Intelligence and Decision Making*, 4: 95–103 (in Russian).
15. Zhikharev A.G., Matorin S.I., Mamatov E.M., Smorodina N.N. 2013. On a system-object method for representing organizational knowledge. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. Economics. Information technologies*, 8 (151): 137–146.

Ссылка для цитирования статьи For citation

Бирюков М.В., Климова Н.А., Гостищева Т.В. 2020. О самообучающихся машинных системах в процессе авторизации пользователей банкоматов. *Экономика. Информатика*. 47 (2): 354–361. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-354-361.

Biryukov M.V., Klimova N.A., Gostishcheva T.V. 2020. About self-learning machine systems in the process of authorization of users of ATMs. *Economics. Information technologies*. 47 (2): 354–361 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-354-361.



УДК 004.932.4

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-362-371

**ПАРАМЕТРЫ ФИЛЬТРАЦИИ ЛАПЛАСИАНОМ-ГАУССИАНОМ
МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МОКРОТЫ,
ОКРАШЕННОЙ ПО МЕТОДУ ЦИЛЯ – НИЛЬСЕНА**

**PARAMETERS OF FILTERING BY LOG FILTER OF MICROSCOPIC IMAGES
OF SPUTUM STAINED BY ZIEHL – NEELSEN METHOD**

**И.Г. Шеломенцева^{1,2}
I.G. Shelomentseva^{1,2}**

¹⁾ Красноярский государственный медицинский университет
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, Россия, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1
²⁾ Сибирский федеральный университет
Россия, 660041, г. Красноярск, Свободный пр., 79

¹⁾ Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voino-Yasenetsky,
1 Partizan Zheleznyak ave., Krasnoyarsk, 660022, Russia
²⁾ Siberian Federal University, 79 Svobodny ave., Krasnoyarsk, 660041, Russia

E-mail: inga.shell@yandex.ru

Аннотация

Автоматизация задач медицинской диагностики влечет за собой подбор методов предобработки и классификации, оптимальных для построения соответствующей информационной системы. В статье рассмотрена задача улучшения операции фильтрации изображений микроскопии мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена, без потерь регионов интереса, содержащих микобактерии туберкулеза. Автор предлагает использовать операцию свертки с дискретной маской лапласиана-гауссиана. В статье показан процесс получения дискретного фильтра с использованием эффекта повышения высоких частот для его улучшения. Предложен критерий нормализованной цветоразности с погрешностью для автоматического определения качества фильтрации.

Abstract

Mycobacterium tuberculosis infection remains a major public health issue of global morbidity and mortality. One of the widely used methods for the finding of mycobacterium tuberculosis is the Ziehl-Nielsen method of microscopy. In this paper a method for removing noise without producing image distortion for Ziehl-Neelsen stained images of sputum smear samples obtained using a light microscope is presented. The proposed approach is based on the convolution of the original image with the Laplacian of a Gaussian filter enhanced by high-frequency filtering. Used Laplacian of Gaussian filter was discretized as a 9x9 convolution kernel. If the original image is filtered with a simple Laplacian of Gaussian, the resulting output is rather noisy. Combining this result of filtration with the enhanced by high-frequency filtering will reduce the noise and will keep of mycobacterium tuberculosis for further analysis by automated medical diagnostic systems. In order to deal with automatic determination of filtering quality the normalized color difference was proposed. Such measure is evaluated in CIE Luv color spaces in order to appraise the filtration quality of a filtered picture at the human expert examination level.

Ключевые слова: распознавание образов, микобактерия туберкулеза, микроскопия, метод Циля – Нильсена, лапласиан, фильтр LOG, подъем высоких частот, критерий нормализованной цветоразности, NCD.

Keywords: image processing, tuberculosis bacteria, microscopic, method Ziehl – Nielsen, Laplacian, LOG filter, high-frequency filtering, normalized color difference, NCD.

Введение

Несмотря на ежегодное улучшение и расширение качества медицинских услуг, смертность и уровень заболеваемости туберкулезом еще сравнительно высоки. Согласно отчету ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), за 2019 год, в 2018 было зарегистрировано порядка 10 млн человек больных туберкулезом и смертность от туберкулеза достигла уровня в 1,3 млн человек [Глобальный доклад о туберкулезе ВОЗ, 2019]. Поэтому необходимость в быстрых, эффективных, простых и недорогих автоматизированных медицинских системах диагностики туберкулеза все еще сохраняется.

Самыми простыми и быстрыми способами микробиологической диагностики туберкулеза остаются микроскопические методы, к которым относится микроскопия при окраске препаратов методом Циля – Нильсена [Севастьянова, 2009]. Основным недостатком метода Циля – Нильсена является малая эффективность, которая выражается в низкой чувствительности. Под чувствительностью будем понимать вероятность того, что клинический тест верно идентифицировал случай с больным туберкулезом.

Низкая чувствительность в случае микроскопии по методу Циля – Нильсена обусловлена сразу несколькими факторами:

- спецификой данного анализа, который предусматривает анализ микроскопистом не всего мазка мокроты, а только его части;
- сходством цветовых оттенков между искомым объектом (микобактерией туберкулеза) и фоном.

Существуют стандарты проведения микроскопии по методу Циля – Нильсена [Приказ Минздрава РФ № 109, 2003], поэтому невозможно повысить чувствительность теста за счет увеличения временных затрат на просмотр анализа или изменения технологии приготовления препарата анализа мокроты пациента.

Текущее исследование направлено на поиск таких алгоритмов предобработки для автоматизированной диагностической системы, которые бы с одной стороны повышали чувствительность анализа, а с другой стороны, не противоречили стандартам проведения микроскопического анализа препарата мокроты, окрашенного по методу Циля – Нильсена, принятым в РФ. Одна из задач для достижения цели – выбрать наиболее оптимальное ядро свертки для лапласиана-гауссиана в рамках фильтрации изображений микроскопии мокроты больных туберкулезом без потерь и проанализировать его на предмет уменьшения шума.

Материалы и методы

В качестве материалов исследования выступают изображения световой микроскопии результатов анализа мокроты пациентов. Микроскопия проводилась при увеличении 10x60, изображения были получены цифровой камерой ToprCam UCMOS01300KPA с разрешением 0,3 MP.

На рисунке 1 приведен пример изображения анализа мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена, где можно наблюдать типичную проблему сходства цветовых оттенков между искомым объектом (микобактерией туберкулеза) и фоном, а также наличие большого количества артефактов синего цвета высокой интенсивности. На рисунке выделена единственная на изображении микобактерия туберкулеза.

Одним из составляющих процесса повышения чувствительности клинического теста автоматизированной системы диагностики туберкулеза является реализация операций фильтрации и сегментации без потерь. Под операцией сегментации будем понимать выделение из снимка микроскопии мокроты пациента регионов интереса (ROI), содержащих микобактерии туберкулеза. Под операцией фильтрации или сегментации без потерь будем понимать, что получившиеся ROI содержат все микобактерии туберкулеза, присутствующие на снимке.

Суммируя предыдущие исследования, связанные с задачей сегментации без потерь, можно сказать, что операция свертки по лапласиану улучшает резкость изображения, а применение лапласиана гауссиана позволяет выделить все интересующие нас ROI [Наркевич и др., 2017а; Наркевич и др., 2017б; Шеломенцева, 2017].

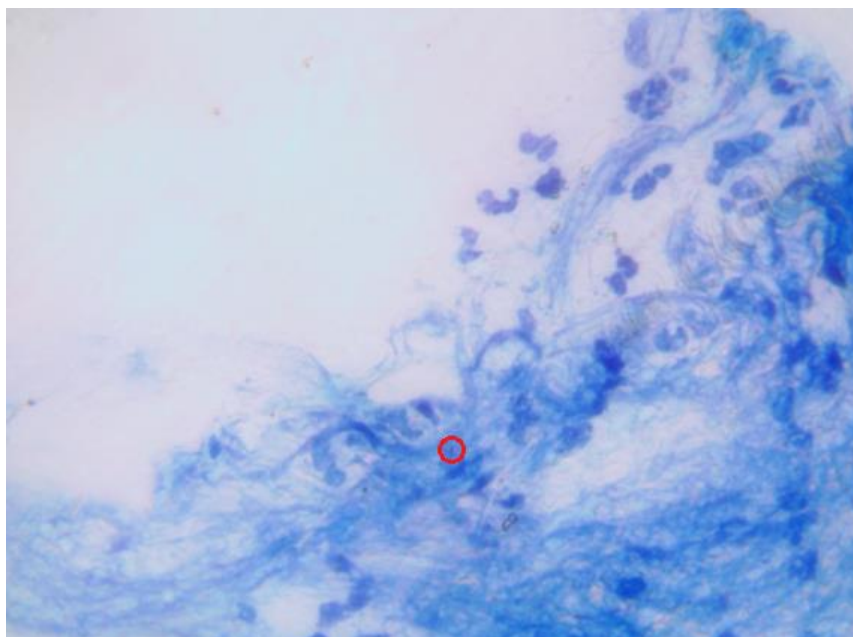


Рис. 1. Пример изображения анализов мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена
Fig. 1. ZN (Ziehl – Nielsen) stained image of sputum smear samples

Лапласианом называется сумма квадратов вторых частных производных (формула 1). В распознавании образов лапласиан часто используется для нахождения границ, при переходе через которые лапласиан меняет свой знак на противоположный [Прэтт, 1982]. Иногда лапласиан используется совместно с гауссианом для снижения чувствительности к шуму, результирующий оператор называется мексиканской шляпой (Mexican Hat) или лапласианом гауссианом (LOG) [Szeliski, 2010]

$$\nabla^2 f = \Delta f = \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \right). \quad (1)$$

Классически LOG используется для поиска границ на изображении, но существуют исследования, которые применяют этот метод для цветных изображений, разделяя его каналы сообразно выбранной цветовой модели (RGB, CIELAB и т.д.) [Millan, Valencia, 2004; Bhairannawar et al., 2017; Dey et al., 2018]. Если рассмотреть этот метод с точки зрения цветовой модели RGB, то применяя LOG фильтр к отдельным каналам, мы получим усиление стандартной линейки цветов и отделение фона.

Для вычисления оператора LOG используется формула (2) или данный оператор дискретизируется при помощи метода конечных разностей [Sunada, 2008; Morton, Mayers, 2005]. При обработке изображений часто используется такая операция, как свертка и результат дискретизации оператора представляется в виде ядра свертки. Примеры ядер свертки лапласиана гауссиана приведены на рисунке 2 [Gonzalez et al., 2009]

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4} \cdot e^{-\frac{x^2 + y^2}{\sigma^2}}, \quad (2)$$

где

x, y – координаты;

σ – ширина распространения функции Гаусса.

Разные приближения ядра фильтра LOG могут включать или не включать в себя диагональные элементы. На рисунке 2-а и 2-в диагональные элементы отсутствуют, а на рисунке 2-б и 1-г они есть. Также на рисунке 2-б и 2-г предполагается, что соседние элементы находятся на равных расстояниях от анализируемого пикселя.

0	1	0	1	1	1
1	-4	1	1	-7	1
0	1	0	1	1	1
а			б		
0	-1	0	-1	-1	-1
-1	5	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1
в			г		

Рис. 2. Ядра пространственных фильтров для реализации дискретного лапласиана

Fig. 2. Filter kernels of discrete Laplacian

Такое большое количество вариантов реализации маски оператора LOG связано с многообразием параметров процедуры дискретизации, а именно на маску может влиять значение сигма, значение размера сетки при использовании метода конечных разностей, значение коэффициента масштабирования. Именно поэтому в разных литературных источниках можно найти разные ядра свертки разных размерностей.

Экспериментальные исследования на текущих материалах показали, что наиболее оптимальным является ядро с диагональными элементами, при дискретизации которых использовалась выпуклая комбинация разностных операторов (формула 3) [Wang, 2012]

$$\nabla^2 f(x,y) = (1-\gamma) \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} + \gamma \begin{bmatrix} 1/2 & 0 & 1/2 \\ 0 & -2 & 0 \\ 1/2 & 0 & 1/2 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Toshikazu Sunada предложил, что при $\gamma = 1/3$ получаемая маска свертки лапласиана гауссиана дает наилучшее приближение к пространственным свойствам вращательной симметрии, что соответствует графику фильтра LOG (рисунок 3) [Sunada, 2008].

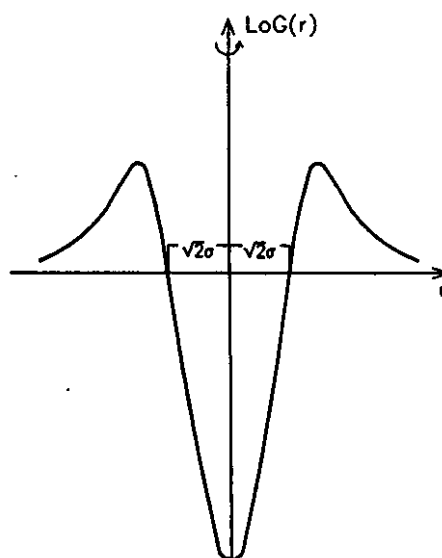


Рис. 3. График лапласиана-гауссиана

Fig. 3. Laplacian of Gaussian plot

Gonzales и Woods, рассматривая пространственную фильтрацию при помощи лапласиана, затрагивают вопрос повышения резкости изображения при помощи процедуры, широко известной в издательском деле и фотографии как «нерезкое маскирование» [Gonzales, Woods,

2002]. Под этой процедурой понимается вычитание из изображения его расфокусированной копии. Gonzales и Woods указывают, что обобщением нерезкого маскирования является фильтрация с подъемом высоких частот. Процедура фильтрации с использованием высоких частот задается формулой (4), а в случае использования лапласиана – формулой (5).

$$f'(x,y) = Af(x,y) - \overline{f(x,y)}, \quad (4)$$

$$f'(x,y) = \begin{cases} Af(x,y) - \nabla^2 f(x,y), & \text{если } w(0,0) < 0 \\ Af(x,y) + \nabla^2 f(x,y), & \text{если } w(0,0) > 0 \end{cases}, \quad (5)$$

где

$f'(x,y)$ – результат фильтрации с использованием высоких частот;

$f(x,y)$ – исходное изображение;

$\overline{f(x,y)}$ – расфокусированная копия изображения;

A – неотрицательный вещественный параметр.

Результаты и их обсуждение

Исследования А.Н. Наркевича показали, что для исследуемых изображений оптимальным будет использование значения сигма равное 3,05. Опираясь на это, можно рассчитать необходимые значения шага и размерности маски [Наркевич и др., 2017в]. Для расчета размерности Gonzales и Woods указывают, что в гауссовом фильтре примерно 99 % объема под гауссовой поверхностью лежит в диапазоне от -3σ до $+3\sigma$, а шаг маски примерно равен $\sqrt{2}\sigma$. Поэтому для свертки с использованием LOG фильтра со значением σ равным 3.05 оптимально выбрать шаг 2.4 и размерность ядра фильтра 9x9. Получившаяся маска представлена на рисунке 4.

0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
0	-1	-1	-3	-3	-3	-1	-1	0
0	-1	-3	-3	-1	-3	-3	-1	0
-1	-3	-3	6	13	6	-3	-3	-1
-1	-3	-1	13	28	13	-1	-3	-1
-1	-3	-3	6	13	6	-3	-3	-1
0	-1	-3	-3	-1	-3	-3	-1	0
0	-1	-1	-3	-3	-3	-1	-1	0
0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0

Рис. 4. Маска фильтра LOG при $\sigma = 3,05$

Fig. 4. LOG filter mask at $\sigma = 3.05$

На рисунке 5 представлена фильтрация исходного изображения фильтром LOG с маской 9x9 и со значением сигма = 3.05. Черным кругом обозначена микобактерия туберкулеза. Однако, кроме нее, в результирующем изображении было выделено еще 5055 артефактов.

Применяя эффект подъема высоких частот к найденной маске фильтра LOG, можно убедиться, что действительно происходит улучшение качества фильтрации – количество шума уменьшается, а микобактерия туберкулеза остается на своем месте (рисунок 6).

На рисунке 6а представлена фильтрация изображения со значением параметра $A=4$ (формула 5). В этом случае форма контура практически не изменилась, а число дополнительных артефактов равно 3530. На рисунке 6б представлена фильтрация исходного изображения со значением параметра $A = 10$. В этом случае было дополнительно выделено 1917 артефактов, однако форма контура микобактерии существенно изменилась. При этом качество фильтрации оценивалось экспертным методом. Для автоматизации данного процесса необходимо подобрать численные критерии качества фильтрации.

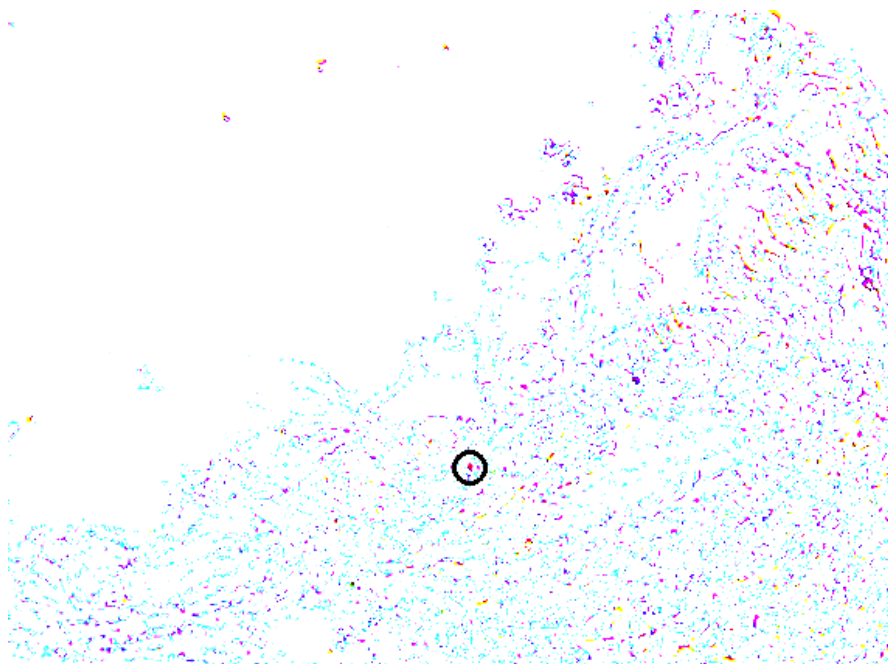


Рис. 5. Пример изображения анализов мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена после применения фильтра LOG

Fig. 5. ZN (Ziehl – Nielsen) stained image of sputum smear samples after applying the LOG filter

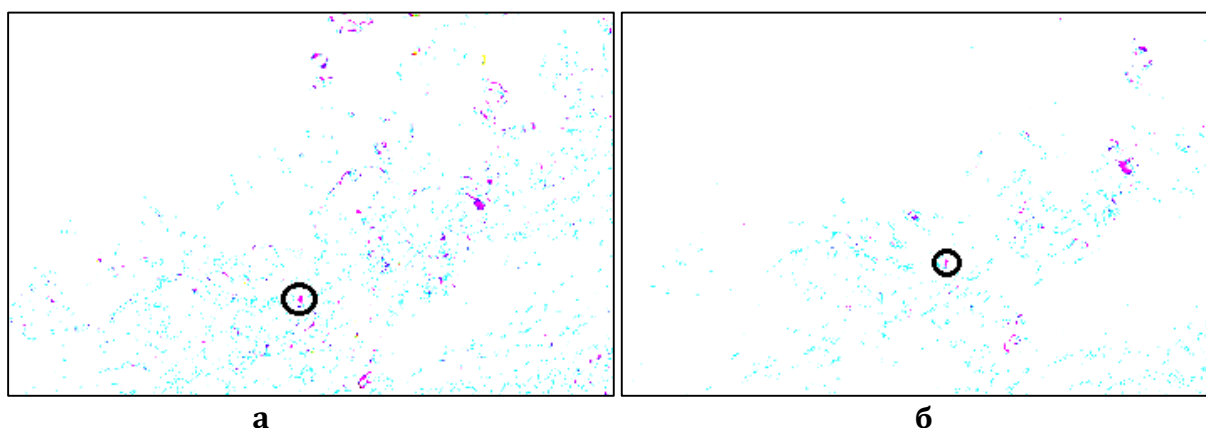


Рис. 6. Пример изображения анализов мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена после применения фильтра LOG с фильтрацией высоких частот: а – параметр A = 4, б – параметр A = 10

Fig. 6. ZN (Ziehl – Nielsen) stained image of sputum smear samples after applying the LOG filter and the high-frequency filtering: a – parameter A = 4, b – parameter A = 10

В качестве критериев оценки качества фильтрации можно выделить следующие [Russo, 2014]:

1. Критерий минимума квадрата среднеквадратичного отклонения ошибки – формула (6);

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=1}^{n-1} (y'_{ij} - y_{ij})^2}. \quad (6)$$

2. Критерий средней абсолютной ошибки (MAE) – формула (7);

$$\text{MAE} = \sqrt{\frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=1}^{n-1} |y'_{ij} - y_{ij}|}. \quad (7)$$

3. Критерий нормализованной цветоразности (NCD) – формула (8)

$$NCD = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sqrt{(y'_{ijL} - y_{ijL})^2 + (y'_{ijU} - y_{ijU})^2 + (y'_{ijV} - y_{ijV})^2}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sqrt{(y_{ijL})^2 + (y_{ijU})^2 + (y_{ijV})^2}}, \quad (8)$$

где

$m \times n$ – размерность изображения;

y' – значение пикселя отфильтрованного изображения;

y – значение пикселя исходного изображения;

y'_L – значение параметра L (яркости) пикселя отфильтрованного изображения;

y_L – значение параметра L (яркости) пикселя исходного изображения;

y'_U – значение параметра U (переход от зеленого к красному) пикселя отфильтрованного изображения;

y_U – значение параметра U (переход от зеленого к красному) пикселя исходного изображения;

y'_V – значение параметра V (переход от синего к фиолетовому) пикселя отфильтрованного изображения;

y_V – значение параметра V (переход от синего к фиолетовому) пикселя исходного изображения;

L, U, V – параметры цветовой модели CIE Luv.

Как правило, среднеквадратическая ошибка (RMSE) используется для измерения эффекта шумоподавления, а средняя абсолютная ошибка (MAE) используется для измерения сохранности деталей и формы контуров на отфильтрованном изображении в цветовой модели RGB. Russo [Russo, 2013] и Ponomarenko [Ponomarenko, 2013] указывают, что критерии RMSE и MAE не могут одновременно точно измерить эффект шумоподавления и сохранить форму контуров ROI. Для этой цели используется критерий нормализованной цветоразности NCD.

Критерий NCD оценивается в цветовом пространстве CIE Luv, что дает эффект перцептивной равномерности восприятия, близкого к человеческому, т. е. экспертному. Для расчета качества фильтрации тестового изображения микроскопии анализа мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена LOG фильтром с эффектом повышением высоких частот, использовался именно этот критерий оценки качества фильтрации (таблица 1). Параллельно качество фильтрации оценивалось экспертным методом.

Таблица 1

Table 1

Качество фильтрации тестового изображения LOG фильтром с фильтрацией высоких частот
Filtering quality of the test image by LOG filter with high-frequency filtering

A	NCD
0	0,218004
1	0,217305
2	0,216894
3	0,216761
4	0,216692
5	0,216656
6	0,216704
7	0,216725
8	0,216749
9	0,216785
10	0,216869

Опираясь на график, представленный на рисунке (7), и таблицу (1), можно сказать, что, начиная со значения параметра A , равного 5, начинается ухудшение как численного значения критерия NCD, так и существенно изменяется форма контура микобактерии туберкулеза – рисунок 6б. Кроме того, контур микобактерии начинает изменять свою форму раньше – начиная со значения параметра $A=2,5$, когда график заканчивает резкое снижение и переходит в плавную фазу.

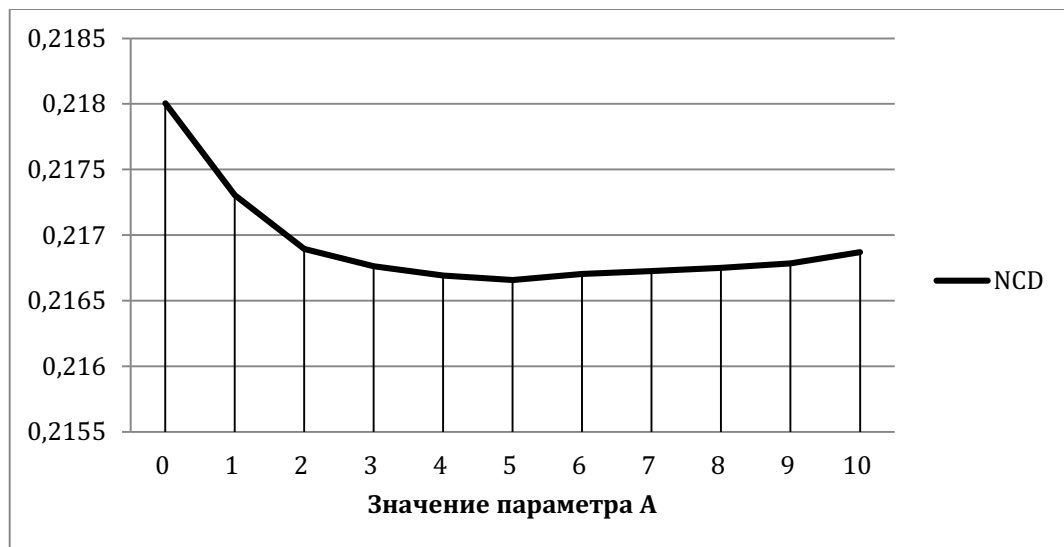


Рис. 7. Качество фильтрации тестового изображения LOG фильтром с подъемом высоких частот
Fig. 7. Filtering quality of the test image by LOG filter with high-frequency

Заключение

Оператор лапласиана-гауссиана можно применять к цветным изображениям, достигая при этом эффекта сегментации и отделения фона. Оптимально при этом использовать такую операцию, как свертка исходного изображения с дискретным ядром фильтра LOG – такая операция вычислительно простая, с хорошим быстродействием, также включена в базовые библиотеки компьютерного зрения.

Для дискретизации лапласиана-гауссиана можно использовать формулы (2–3), подбирая необходимые параметры: значение сигма, размерность фильтра, форму с диагональными элементами или с отсутствием таковых. Для повышения эффективности фильтрации – увеличения резкости, уменьшения количества артефактов, можно использовать эффект повышения высоких частот (формула 5).

В случае использования оператора лапласиана-гауссиана для задачи фильтрации изображений микроскопии анализов мокроты, окрашенных по методу Циля – Нильсена и полученных по стандартам, принятым в РФ, рекомендуется использовать ядро свертки 9x9 с усилением высоких частот и с диагональными компонентами.

В качестве критерия качества фильтрации, для одновременного отслеживания эффекта шумоподавления и сохранения формы контуров, лучше всего применять критерий нормализованной цветоразности (NCD) с заданной погрешностью изменения формы.

Список литературы

1. Глобальный доклад о туберкулезе ВОЗ за 2019 год. URL: http://www.who.int/tb/publications/global_report/ru/ (дата обращения: 20 марта 2020).
2. Гонсалес Р., Вудс Р. 2005. Цифровая обработка изображений. М., Техносфера, 1072.
3. Минздрав России. 2003. О совершенствовании противотуберкулезных мероприятий в Российской Федерации. Приказ. М., 2003, 109.



4. Наркевич А.Н., Шеломенцева И.Г., Виноградов К.А., Сысоев С.А. 2017. Сравнение методов сегментации цифровых микроскопических изображений мокроты, окрашенных по методу Циля – Нильсена. *Инженерный вестник Дона*. 4: 1–11.
5. Наркевич А.Н. 2017. Алгоритмы сегментации цифровых микроскопических изображений мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена. *World Science Proceedings of articles the international scientific conference (Карловы Вары – Москва, 28–29 января 2017)*. М, МЦНИП: 431–436.
6. Наркевич А.Н., Виноградов К.А., Корецкая Н.М., Соболева В.О. 2017. Сегментация микроскопических изображений мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена, с использованием вейвлет-преобразования Mexican Hat. *Acta Biomedica Scientifica*. Том 2. 5 (1): 141–146.
7. Прэтт У. 1982. Цифровая обработка изображений. Кн.2. М., Мир, 480.
8. Севастьянова Э.В. 2009. Совершенствование микробиологической диагностики туберкулеза в учреждениях противотуберкулезной службы и общей лечебной сети: дисс. ...д-ра биол. наук. Москва, 395.
9. Шеломенцева И.Г. 2017. Результаты фильтрации и сегментации изображений анализа мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена. *International journal of advanced studies*. 7 (4–2): 110–114.
10. Bhairannawar, S.S., Patil, A.N., Janmane, A.S., Huilgol, M.V. 2017. Color image enhancement using Laplacian filter and contrast limited adaptive histogram equalization. *Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*: 1–5.
11. Dey N., Ashour A.S., Shi F., Balas V.E. 2018. *Soft Computing Based Medical Image Analysis*. Academic Press, 292.
12. Gonzalez R.C., Woods R.E., Eddins S.L. 2009. *Digital Image Processing using Matlab*. Gatesmark Publishing, 827.
13. Millan M.S., Valencia E. 2004. Laplacian filter based on color difference for image enhancement. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*: 1259–1264.
14. Morton K.W., Mayers D.F. 2005. *Numerical solution of partial differential equations*. Cambridge University Press, 385.
15. Ponomarenko N., Battisti F., Egiazarian K., Astola J., Lukin V. 2009. Metrics performance comparison for color image data-base. In: *Proceedings of the 4th International Workshop on VideoProcessing and Quality Metrics for Consumer Electronics (Scotts-dale, Arizona, USA, 14–16 January, 2009)*. 1–6.
16. Russo F. 2013. Accurate tools for analyzing the behavior of impulse noise reduction filters in color images. *Journal of Signal and Information Processing, Scientific Research Publishing*. 4: 42–50.
17. Russo F. 2014. Performance Evaluation of Noise Reduction Filters for Color Images through Normalized Color Difference (NCD) Decomposition. *IRSN Machine Vision*: 1–11.
18. Sunada T. 2008. Discrete geometric analysis. *Proceedings of Symposia in Pure Mathematics*. 77: 51–86.
19. Szeliski R. 2010. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer, 957.
20. Wang R. 2012. *Introduction to Orthogonal Transforms. With Applications in Data Processing and Analysis*. Cambridge University Press, 528.

References

1. Global tuberculosis report 2017. URL: http://www.who.int/tb/publications/global_report/en/ (accessed 20 Mart 2020)
2. Gonzales R.C., Woods R.E. 2002. *Digital Image Processing*. Pearson Education. 965.
3. Ministry of Health of the Russian Federation. 2003. On improving tuberculosis measures in the Russian Federation. Order. M., 2003, 109. (in Russian)
4. Narkevich A.N., Shelomentseva I.G., Vinogradov K.A., Sysoev S.A. Comparison of segmentation methods for digital microscopic images of sputum stained by the Ziehl – Nielsen method. *Engineering journal of Don*. 4: 1–11. (in Russian)
5. Narkevich A.N. 2017. Algoritmy segmentatsii tsifrovyykh mikroskopicheskikh izobrazheniy mokroty, okrashennoy po metodu Tsilya – Nil'sena [Segmentation Algorithms for Digital Microscopic Images of Sputum Stained by Ziehl-Nielsen Method]. *World Science Proceedings of articles the international scientific conference. (Czech Republic, Karlovy Vary – Russia, Moscow, 28–29 January 2017)*. М, МТсНИП: 431–436.
6. Narkevich A.N., Vinogradov K.A., Koretskaya N.M., Soboleva V.O. 2017. Segmentatsiya mikroskopicheskikh izobrazheniy mokroty, okrashennoy po metodu Tsilya – Nil'sena, s ispol'zovaniem veyvlet-preobrazovaniya Mexican Hat [Segmentation of microscopic images of sputum stained with the Ziehl-Nielsen method using the Mexican Hat wavelet transform]. *Acta Biomedica Scientifica*. Vol. 2.5(1): 141–146.
7. Pratt W.K. 1978. *Digital image processing*. New York, A Wiley-Interscience publication, 725.

8. Sevast'yanova, E.V. 2009. Sovershenstvovanie mikrobiologicheskoy diagnostiki tuberkuleza v uchrezhdeniyakh protivotuberkuleznoy sluzhby i obshchey lechebnoy seti [Improving the microbiological diagnosis of tuberculosis in institutions of the TB service and the general treatment network]. Dis. ...d-ra biol. sciences. Moscow, 395.
9. Shelomentseva I.G. 2017. Results of filtration and segmentation of the images of analysis of sputum stained by Ziehl – Nielsen method. International journal of advanced studies. 7 (4–2): 110–114. (in Russian)
10. Bhairannawar, S.S., Patil, A.N., Janmane, A.S., Huilgol, M.V. 2017. Color image enhancement using Laplacian filter and contrast limited adaptive histogram equalization. Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT): 1–5.
11. Dey N., Ashour A.S., Shi F., Balas V.E. 2018. Soft Computing Based Medical Image Analysis. Academic Press, 292.
12. Gonzalez R.C., Woods R.E., Eddins S.L. 2009. Digital Image Processing using Matlab. Gatesmark Publishing, 827.
13. Millan M.S., Valencia E. 2004. Laplacian filter based on color difference for image enhancement. Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering: 1259–1264.
14. Morton K.W., Mayers D.F. 2005. Numerical solution of partial differential equations. Cambridge University Press, 385.
15. Ponomarenko N., Battisti F., Egiastian K., Astola J., Lukin V. 2009. Metrics performance comparison for color image data-base. In: Proceedings of the 4th International Workshop on VideoProcessing and Quality Metrics for Consumer Electronics (Scotts-dale, Arizona, USA, 14–16 January, 2009). 1–6.
16. Russo F. 2013. Accurate tools for analyzing the behavior of impulse noise reduction filters in color images. Journal of Signal and Information Processing, Scientific Research Publishing. 4: 42–50.
17. Russo F. 2014. Performance Evaluation of Noise Reduction Filters for Color Images through Normalized Color Difference (NCD) Decomposition. IRSN Machine Vision: 1–11.
18. Sunada T. 2008. Discrete geometric analysis. Proceedings of Symposia in Pure Mathematics. 77: 51–86.
19. Szeliski R. 2010. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 957.
20. Wang R. 2012. Introduction to Orthogonal Transforms. With Applications in Data Processing and Analysis. Cambridge University Press, 528.

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Шеломенцева И.Г. 2020. Параметры фильтрации лапласианом-гауссианом микроскопических изображений мокроты, окрашенной по методу Циля – Нильсена. Экономика. Информатика. 47 (2): 362–371. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-362-371.

Shelomentseva I.G. 2020. Parameters of filtering by log filter of microscopic images of sputum stained by Ziehl – Nielsen method. Economics. Information technologies. 47 (2): 362–371 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-362-371.



УДК 575+573+519.8

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-372-379

ОБЗОР МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА

A REVIEW OF MATHEMATIC MODELING METHODS OF GENETIC CODE PROPERTIES

А.И. Гарянина, Н.И. Червяков
A.I. Garianina, N.I. Chervyakov

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»,
Россия, 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

North-Caucasus Federal University, 1 Pushkina St, Stavropol, 355017, Russia

E-mail: garyanina.anastasia@gmail.com

Аннотация

Рассматриваются подходы к математическому моделированию свойств генетического кода. В основе моделирования лежат методы картирования генов. Современный генетический код представляется как система для обработки, хранения и поиска генетической информации. Производится сравнение искусственно сгенерированных генетических кодов, называемых теоретическими, и стандартного генетического кода. Данная статья дает краткий обзор разработанных математических моделей для изучения свойств генетического кода. Изученные методы помогают найти ответ на вопрос, почему природа предпочитает стандартный код теоретическим генетическим кодам.

Abstract

The paper gives brief analysis of the developed statistical models studying the properties of the genetic code. Authors generate the codes, called theoretical genetic codes having the same properties as trivial genetic code. The main idea of the analyzed mathematical models is to find the optimal code from theoretical genetic codes. Based on the following criterias of amino acids: hydrophilic properties, isoelectric properties, affinity to water and molecular mass authors compare the theoretical genetic codes to the trivial genetic code. They also used the extra criterion – transition or transversion, meaning the nature of point mutation. The retrospect of the key elements of these approaches to modeling is given. The subject of modeling in the studied methods is gene mapping that play an important role in the study of differences in individual genomes. Prediction of the properties of theoretical codes and the creation of new approaches to their models will allow us to come closer to understanding the structure of the genetic code.

Ключевые слова: генетический код, картирование генов, точечные мутации, моделирование, перекрывающиеся гены.

Keywords: genetic code, gene mapping, point mutations, modeling, overlapping genes.

Введение

Открытие структуры ДНК и расшифровка генетического кода дали толчок быстрому и непрерывному развитию генетики и молекулярной биологии, а также возникновению новых отраслей науки, например, молекулярных биотехнологий. Стремительное развитие таких технологий совершенно изменило методологию, особенно в науках с биологическим предметом исследования [Trenchev I. et al., 2017].

По мнению С.В. Петухова [2008], генетический код занимает в науке совершенно особое место, как хорошо формализуемая с математической точки зрения биологическая составляющая, единая для всего живого. Сегодня последовательность азотистых оснований

ДНК признается главным источником биологической информации. Однако расшифрованные на сегодняшний день множества последовательностей нуклеотидов все еще не дают нам понимания того, как реализуются изученные свойства генетического кода.

Современные технологии позволяют генерировать код, обладающий свойствами и возможностями природного. Такие коды называются теоретическими, их число составляет 10^{84} [Trenchev I. et al., 2017]. Несмотря на глубокие исследования в данной области, природный генетический код все еще является единственным. Прогнозирование свойств теоретических кодов и создание новых подходов к их моделированию позволит приблизиться к пониманию особенностей структуры генетического кода.

Можно предположить, что наше время представляет молекулярную биологию и генетику, и начинается с открытия двойной спирали ДНК в 1953 Уотсоном и Криком [Ahmad M. et al., 2017]. Получили развитие следующие математические модели в биологии: прогноз вторичной структуры РНК, синтеза белка, в котором информация, инвестируемая в код, переводится, много проблем в биологической сущности человеческой патологии, исследование препаратов [Балабанова Т.Н., Трапезникова И.В., 2018] и так далее. Это помогло исследованию генетической природы некоторых наследственных болезней, врожденных уязвимых мест к болезням и прочее, связанное с мутациями.

Таким образом, в данной статье проведем анализ методов картирования генов, играющих важную роль в изучении различий в индивидуальных геномах. В основе исследования лежат разработанные математические модели для изучения свойств генетического кода. Прогнозирование, контроль и понимание возникают, главным образом, в процессе моделирования свойств генетического кода.

Подходы к моделированию структуры генетического кода

Многие ученые из различных областей занимались исследованиями структуры стандартного генетического кода (СГК). Например, впервые модель СГК была представлена физиком Джорджем Гамовым в 1954 году [Alff-Steinberger, 1969; Amirnovin, 1997]. В литературе эта модель известна как «алмазный код Гамова». Идея в том, чтобы представить кодон в форме ромба (алмаза) с нуклеотидами по четырем углам, расположенными в следующем порядке: трем вершинам присваивается случайный нуклеотид, а четвертой – нуклеотид, комплементарный к тому, что находится посередине (Рис. 1). Например, нуклеотиды 2, 3 и 4 определены случайным образом, а нуклеотид 1 комплементарен к 2. Несмотря на некоторые погрешности, алмазный код Гамова послужил отправной точкой для будущих исследований. Крик [Crick, 1968; Ardell, 1998] использовал эту модель в своих последующих работах. В последующих исследованиях Гамов [Crick, 1968; Crick, 1976; Cairns, 1998] сделал подробный обзор различных математических методов, которые он мог использовать для изучения СГК, а также определил статистические и экспериментальные методы, Методы Монте-Карло для исследований ГК [Trenchev I. et al., 2017].

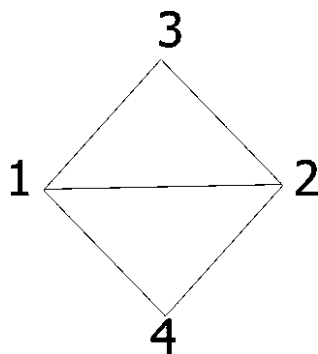


Рис. 1. Схематичное представление алмазного кода Гамова

Fig. 1. Gamow's diamond code

В целом свойства ГК изучаются в связи со средним количеством точечных мутаций и обычно делается вывод, что ГК близок к оптимальному. Оптимум некоторого критерия большинства исследований использует 2 подхода: статистический и альтернативный. Первый подход использует сравнение генетического кода со случайно сгенерированными кодами. Этот подход устанавливает, насколько оптимален ГК к некоторому предопределенному критерию. Альтернативный подход производит сравнение СГК с наиболее возможными теоретическими кодами. В большинстве случаев первый подход дает более реалистичные результаты, чем второй, потому что альтернативный подход часто использует линейные приближения и игнорирует возможные оптимальные коды. Принципиальным предметом в теории оптимизации генетических кодов является возникновение возможных изменений генетической последовательности (мутации).

В целом то, к чему приведет изменение, изучено, и возможная эволюция кода выведена. Неудобство этих двух методов в том, что, неважно, какие критерии исследования мы выбираем, коды случайным образом сгенерированы, и вероятность пропуска оптимального кода высока [Trenchev I. et al., 2017]. Например, Д. Хейг и Л. Херст [Haig, Hurst, 1991] сгенерировали 10 000 случайных ТКГ, в соответствии с некоторыми критериями, с 64 кодонами, выделенными в 21 синонимичном наборе, и тремя кодонами остановки, определенными в одном из наборов. Эти теоретические генетические коды были поставлены в сравнение к стандартному генетическому коду, и исследовалось среднее квадратичное отклонение свойств аминокислот, таких как гидрофильные свойства (R_f), изоэлектрические свойства [Gamow, 1954; Trenchev I. et al., 2017], растворимость в воде $\log\left(\frac{1-R_f}{R_f}\right)$ [Epstein, 1966; Trenchev I. et al., 2017] и молекулярная масса.

Авторы определили среднее квадратичное отклонение посредством следующей формулы:

$$\sum_{xyz \in \{A,C,G,T\}^3} \frac{(I) + (II) + (III)}{C},$$

где C – это число точечных мутаций в ТКГ без изучаемых кодонов остановки. (I), (II) и (III) определены следующим образом:

$$\sum_{x' \in \{A,C,G,T\} - \{x\}} D(c(xyz).c(x'yz)) \quad (1)$$

$$\sum_{y' \in \{A,C,G,T\} - \{y\}} D(c(xyz).c(xy'z)) \quad (2)$$

$$\sum_{z' \in \{A,C,G,T\} - \{z\}} D(c(xyz).c(xyz')) \quad (3)$$

где сумма вычислена только для кодонов, кодирующих аминокислоты, т. е. без кодонов остановки. Если X и Y – аминокислоты и $X = c(xyz)$, а $Y = c(x'yz)$, значит $D(X, Y) = [w(X) - w(Y)]^2$, $w(X)$ и $w(Y)$ – свойства аминокислот – гидрофильные свойства, молекулярная масса, изоэлектрические свойства и отношение растворимости в воде. Были вычислены 4 среднее квадратичных расстояния: полное $MS(c)$; для первого положения – $MS_1(c)$; для второго – $MS_2(c)$; и для третьего – $MS_3(c)$. Для вычисления полного расстояния использовались 4 формулы, для $MS_1(c)$ – расстояние первой позиции: первая формула для среднего расстояния и формула (1). В первой формуле C заменяется C_1 , числом точечных мутаций в первом положении. Оставшаяся пара расстояний $MS_2(c)$ и $MS_3(c)$ были

вычислены подобным образом, кроме использования формул (2) и (3), и количества точечных мутаций, приводящих ТГК к лучшим индексам, чем СГК относительно простых мутаций. Авторы подтвердили, что тип закодированной аминокислоты зависит от первого положения кодона. Другой положительный результат моделирования – значение третьего положения в кодоне. В данном исследовании не было подтверждено, что второе положение в кодоне описывает полярность аминокислоты. Гипотеза, что СГК есть продукт выбора между очень похожими кодами в целях минимизации ошибок, не была подтверждена. Возможно, причина в том, что Д. Хейг и Л. Херст [Haig, Hurst, 1991] не использовали вероятности возникновения аминокислот в среднем наборе белка и не точно определили вероятности мутаций в различных положениях кодонов [Trenchev I. et al., 2017].

Аналогично, оптимальный код СГК проанализирован в работе [Freeland, Hurst, 1998]. Был использован подход, описанный выше, но авторы ввели дополнительный критерий, определяющий природу точечных мутаций: транзигия или трансверсия, если быть точными. Авторы сгенерировали 10^6 СГК и посчитали среднеквадратичное отклонение. Изучение кода проводилось в следующей манере: (1) обобщение специфической восприимчивости кода как значения ошибки кода; (2) определение возможных кодов, в которые СГК может быть преобразован; (3) сравнение значений кодов и значений СГК с их определенным критерием.

С помощью данных исследований они продемонстрировали, что существует только один код более высокого качества, чем СГК, результаты представлены в таблице 1, данный код имеет очень хорошие характеристики в отношении точечных мутаций.

Неудача авторов заключалась в том, что они изучали коды отдельно, то есть не сравнивали ТГК и СГК по критерию. Они доказали в своих последующих исследованиях, в которых С. Фриланд активно принимал участие, что СГК является продуктом выбора кода посредством минерализации ошибок в декодировании [Gilis, 2001]. Они изучили ГК со следующей формулой, используемой для определения индивидуальной ошибки кода для каждого кодона:

$$\Delta_j = \frac{\sum_{i=1}^{210} (w\alpha_i + \beta_i)\varepsilon_i}{\sum_{i=1}^{210} (w\alpha_i + \beta_i)},$$

$$j = 1..64$$

где ε_i – вес, связанный с соответствующей исследуемой аминокислотой, и может быть вычислен с помощью матрицы мутаций Pam_{74-100} . Другой путь вычисления ε_i – рассматривать его как произведение вычитания двух различных гидрофобий аминокислот в результате изменения соответствующего кодона. W – это вес, число транзигий и трансверсий, зависящих от положения кодона. $\alpha_i\beta_i$ – число транзигий и трансверсий, в зависимости от замещения в конкретной аминокислоте «другим», образованным «мутировавшим» кодоном. Например, замена аминокислоты Ile на Met $AUG \rightarrow AUA$ $\alpha_{Met \rightarrow Ile} = 1$, $AUG \rightarrow AUY$ $\beta_{Met \rightarrow Ile} = 2$. Авторы подтвердили вывод из предыдущего исследования, что вероятность появления нового кода с лучшими свойствами, чем СГК, составляет 10^{-6} . Еще одним успехом стало их исследование оптимального СГК с точки зрения его «адаптивности» к минимизации ошибок декодирования. Авторы сделали подробный анализ своих выводов, но только через призму гипотез, практически не проверенных. Другим недостатком подхода С. Фриланда [Freeland, Hurst, 1998] является то, что он сделал вполне определенные выводы, например, что он «изучил все возможные ТГК», эволюция кодона может быть предсказана и т. д. (Таблица 1).

Количественная мера была использована в исследованиях Фриланда и др. в 1999 году, введенных Голдманом [Goldman, 1993] для изучения СГК, но выводы не доказали гипотезы происхождения ГК его эволюции.

Таблица 1

Table 1

Улучшенные теоретические генетические коды Фриланда в сравнении со стандартным генетическим кодом

Freeland's improved theoretical genetic codes compared to the standard genetic code

Первая позиция	Вторая позиция				Третья позиция
	U	C	A	G	
U	Ile	Ala	Gln	His	U
	Ile	Ala	Gln	His	C
	Cys	Ala	Stop	Stop	A
	Cys	Ala	Stop	Gly	G
C	Cys	Leu	Thr	Ser	U
	Cys	Leu	Thr	Ser	C
	Cys	Leu	Phe	Ser	A
	Cys	Leu	Phe	Ser	G
A	Trp	Pro	Asp	Ala	U
	Trp	Pro	Asp	Ala	C
	Trp	Pro	Glu	Ser	A
	Val	Pro	Glu	Ser	G
G	Tur	Met	Asn	Arg	U
	Tur	Met	Asn	Arg	C
	Tur	Met	Lys	Arg	A
	Tur	Met	Lys	Arg	G

Гидрофильные/гидрофобные свойства СГК рассчитывали в исследовании [Giulio, 1997], и было доказано, что они на 68 % лучше, чем полученные им ТГК, с использованием шкалы, определенной Гумбелом и др. [Gumbel, 2015]. Он использовал аналогичный подход к вышеупомянутому, однако среднееквадратичное отклонение было вычислено с помощью иной формулы. Наименьшее значение было рассчитано на основе минимизации G-функции методом Лагранжа.

В данном исследовании авторы пришли к выводу, что СГК на 68 % оптимизирован и гидрофильные свойства аминокислот имеют, возможно, значимую роль в эволюции СГК. Подход [Giulio, 1997] был лучше, т. к. по сравнению с Фриландом [Freeland, Hurst, 1998] большее количество ТГК было сгенерировано. Здесь можно отметить тот же недостаток: автор не использовал частоту возникновения аминокислоты в усредненном белке.

Среднееквадратичное отклонение Хейга и Херста [Haig and Hurst, 1991; Knight et al., – 1999] было использовано в исследовании Н. Голдмана [Goldman, 1993] для изучения СГК. Он сохранил силу синонимических множеств для генерации ТГК, как в СГК, то есть 3 аминокислоты кодируются 6 кодонами, 4 аминокислоты – 4 кодонами, 1 аминокислота – 3 кодонами, 9 аминокислот – 2 кодонами, 2 аминокислоты – 1 кодоном и 3 стоп-кодонами. Голдман [Goldman, 1993] пришел к выводу на основе своей модели, что основной тенденцией в развитии СГК была простая мутационная ошибка минимизации, но он не сделал никаких выводов о мощности синонимического набора.

Джулио [Giulio, 1997] всерьез раскритиковал работы С. Фриланда и его команды [Knight R. et al., 1999; Lin K. et al., 2001] и не одобрил подход к изучению ГК. Его тезис заключался в том, что количество ТГК намного больше, чем генерируемое С. Фриландом, и

выводы, сделанные в отношении небольшого числа генерируемых ТГК, являются ненадежными [Kuruoglu E. E., Arndt P. F., 2017]. В своих исследованиях он доказал, что число ТГК составляет около 10^{84} , и гораздо больше, чем количество, изученное С. Фриландом в его исследованиях, имеется в виду 10^{18} [Forger M., Sachse S., 2000; Lenstra R., 2014; Nemzer L.R., 2017], и дополнительно доказал, что возможные ТГК составляют около 270 млн.

С другой стороны, Фриланд и Джулио сделали свои выводы по репрезентативной выборке набора ТГК, а не работая над всем набором. Они утверждали, что вероятность нахождения лучшей ТГК с лучшими свойствами, чем СГК, удовлетворяющей определенным критериям, составляла от 10^{-6} до 10^{-9} [Rodin A.S., Branciamore S., 2013]. То, что разделяют оба автора, это предложение о том, что вероятность не может быть установлена с уверенностью, потому что невозможно изучить весь набор ТГК. Таким образом, обсуждение четкого описания всего набора ТГК остается открытым.

Заключение

Данный обзор позволяет оценить стремительное развитие молекулярных биотехнологий и разнообразие методов, применяемых в исследованиях генетического кода. Многие ученые обратились к общим исследованиям о происхождении живых организмов и структуре современного генетического кода. Это привело к созданию разнообразных эволюционных моделей с применением математических подходов.

Стоит отметить, что в данном исследовании мы рассмотрели подходы к моделированию свойств генетического кода с использованием теоретических генетических кодов в сравнении со стандартным генетическим кодом. Другие авторы также рассматривают свойства вырожденности генетического кода, помехоустойчивости, опираясь на исследование некоторых необычных способов записи генов, кодирующих белки. В природе один и тот же участок ДНК может кодировать несколько белков, однако в природе действует запрет на альтернативные чтения, которые могут привести к мутациям. Подобные гены называются перекрывающимися, и суть исследований состоит в том, чтобы понять, как природе удалось создать столь совершенный код.

Например, Н.Н. Козлов показал, что перекрытия генов (замена кодона) хоть и не влияют на тип кодируемого белка, но могут изменить его свойства. Им были установлены интегральные характеристики генетического кода, которые использует природа для выполнения двух функций: перекрытий пар генов, а также блокировки генов.

На основе исследований похожих свойств генетических кодов С.В. Петухов показывает, что природа обладает особыми свойствами упорядоченности, использующими неизвестные виды алгебр, а создание нового понятийного аппарата и «правильных» методов позволит решить задачи понимания и исследования живого вещества.

Список литературы

1. Балабанова Т.Н., Трапезникова И.В. 2018. Синтез панорамных изображений и их использование в цитогенетических исследованиях. Научные ведомости БелГУ, 45: 760–768.
2. Петухов С.В. 2008. Матричная генетика, алгебры генетического кода, помехоустойчивость. М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 316 с.
3. Ahmad, M., Jung, L., and Bhuiyan A. 2017. From DNA to protein: Why genetic code context of nucleotides for DNA signal processing? Biomedical Signal Processing and Control, 34: 44–63.
4. Alff-Steinberger, C. 1969. The genetic code and error transmission. Natl. Acad. Sci. USA, 64: 584–591.
5. Amirnovin, R. 1997. An analysis of the metabolic theory of the origin of the genetic code. J Mol Evol, 44: 473–476.
6. Ardell D.H. 1998. On error minimization in a sequential origin of the standard genetic code. Journal of molecular evolution, 47: 1–13.
7. Cairns, J., Overbaugh, J. and Miller, S. 1998. The origin of mutants. Nature (London), 335: 142–145.



8. Crick, FHC. 1968. The origin of the genetic code. *J Mol Biol.*, 38: 367–379.
9. Crick, FHC., et al. 1976. A speculation on the origin of protein synthesis. *Orig. Life.*, 7: 389–397.
10. Epstein, CJ. 1966. Role of the amino-acid “code” and of selection for conformation in the evolution of proteins. *Nature*, 210: 25–28.
11. Freeland S.J., Hurst L.D. 1998. The genetic code is one in a million. *Journal of molecular evolution*, 47: 238–248.
12. Forger M., Sachse S. 2000. Lie superalgebras and the multiplet structure of the genetic code. I. Codon representations. *Journal of Mathematical Physics*, 41: 5407–5422.
13. Gamow G., Rich A., Yčas M. 1956. The problem of information transfer from the nucleic acids to proteins. *Advances in biological and medical physics.* – Elsevier, 4: 23–68.
14. Gamow, G. 1954. Possible mathematical relation between deoxybonucleic acid and proteins. *Det Kongelige Danske Videnskabernes. Biologiske Meddelelser*, 22:1–13.
15. Gilis D. et al. 2001. Optimality of the genetic code with respect to protein stability and amino-acid frequencies. *Genome biology*, 2: research0049. 1
16. Giulio, MD. 1997. On the origin of the genetic code. *J. Theor. Biol.*, 187: 573–581.
17. Giulio, D. 2013. The origin of the genetic code in the ocean abysses: New comparisons confirm old observations. *Journal of Theoretical Biology*, 333: 109–116.
18. Goldman N. 1993. Further results on error minimization in the genetic code. *Journal of molecular evolution*, 37: 662–664.
19. Gumbel M. et al. 2015. On models of the genetic code generated by binary dichotomic algorithms. *Biosystems*, 128: 9–18.
20. Haig, D., and Hurst, LD. 1991. A quantitative measure of error minimization in the genetic code. *J. Mol Evol.*, 33: 412– 417.
21. Knight R.D., Freeland S.J., Landweber L.F. 1999. Selection, history and chemistry: the three faces of the genetic code. *Trends in biochemical sciences*, 24: 241–247.
22. Kuruoglu E.E., Arndt P.F. 2017. The information capacity of the genetic code: Is the natural code optimal? *Journal of theoretical biology*, 419: 227–237.
23. Lenstra R. 2014. Evolution of the genetic code through progressive symmetry breaking. *Journal of theoretical biology*, 347: 95–108.
24. Lin K., May A. C. W., Taylor W. R. 2001. Amino acid substitution matrices from an artificial neural network model. *Journal of Computational Biology*, 8: 471–481.
25. Nemzer L.R. 2017. A binary representation of the genetic code. *Biosystems*, 155: 10–19.
26. Pelc S.R. 1965. Correlation between coding-triplets and amino-acids. *Nature*, 207: 597–599.
27. Rodin A.S., Branciamore S. 2013. The Universal Genetic Code and Non-Canonical Variants. *Brenner's Encyclopedia of Genetics*, 263–264.
28. Trenchev I. et al. 2017. Mathematical Models for Studying the Properties of the Genetic Code. *Der Pharmacia Lettre*, 9 [8]: 40–54.

References

1. Balabanova T.N., Trapeznikova I.V. 2018. Synthesis of panoramic images and their use in cytogenetic studies. *Belgorod State University Scientific Bulletin*, 45: 760–768. (in Russian)
2. Petoukhov S.V. 2008. Matrix genetic, genetic code algebra, noise immunity. M.; Izhevsk: *Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika*, 316 c. (in Russian)
3. Ahmad, M., Jung, L., and Bhuiyan A. 2017. From DNA to protein: Why genetic code context of nucleotides for DNA signal processing? *Biomedical Signal Processing and Control*, 34: 44–63.
4. Alff-Steinberger, C. 1969. The genetic code and error transmission. *Natl. Acad. Sci. USA*, 64: 584–591.
5. Amirnovin, R. 1997. An analisys of the metabolic theory of the origin of the genetic code. *J Mol Evol*, 44: 473–476.
6. Ardell D.H. 1998. On error minimization in a sequential origin of the standard genetic code. *Journal of molecular evolution*, 47: 1–13.
7. Cairns, J., Overbaugh, J. and Miller, S. 1998. The origin of mutants. *Nature (London)*, 335: 142–145.
8. Crick, FHC. 1968. The origin of the genetic code. *J Mol Biol.*, 38: 367–379.
9. Crick, FHC., et al. 1976. A speculation on the origin of protein synthesis. *Orig. Life.*, 7: 389–397.
10. Epstein, CJ. 1966. Role of the amino-acid “code” and of selection for conformation in the evolution of proteins. *Nature*, 210: 25–28.

11. Freeland S.J., Hurst L.D. 1998. The genetic code is one in a million. *Journal of molecular evolution*, 47: 238–248.
12. Forger M., Sachse S. 2000. Lie superalgebras and the multiplet structure of the genetic code. I. Codon representations. *Journal of Mathematical Physics*, 41: 5407–5422.
13. Gamow G., Rich A., Yčas M. 1956. The problem of information transfer from the nucleic acids to proteins. *Advances in biological and medical physics*. – Elsevier, 4: 23–68.
14. Gamow, G. 1954. Possible mathematical relation between deoxybonucleic acid and proteins. *Det Kongelige Danske Videnskabernes. Biologiske Meddelelser*, 22:1–13.
15. Gilis D. et al. 2001. Optimality of the genetic code with respect to protein stability and amino-acid frequencies. *Genome biology*, 2: research0049. 1
16. Giulio, MD. 1997. On the origin of the genetic code. *J. Theor. Biol.*, 187: 573–581.
17. Giulio, D. 2013. The origin of the genetic code in the ocean abysses: New comparisons confirm old observations. *Journal of Theoretical Biology*, 333: 109–116.
18. Goldman N. 1993. Further results on error minimization in the genetic code. *Journal of molecular evolution*, 37: 662–664.
19. Gumbel M. et al. 2015. On models of the genetic code generated by binary dichotomic algorithms. *Biosystems*, 128: 9–18.
20. Haig, D., and Hurst, LD. 1991. A quantitative measure of error minimization in the genetic code. *J. Mol Evol.*, 33: 412–417.
21. Knight R.D., Freeland S.J., Landweber L.F. 1999. Selection, history and chemistry: the three faces of the genetic code. *Trends in biochemical sciences*, 24: 241–247.
22. Kuruoglu E.E., Arndt P.F. 2017. The information capacity of the genetic code: Is the natural code optimal? *Journal of theoretical biology*, 419: 227–237.
23. Lenstra R. 2014. Evolution of the genetic code through progressive symmetry breaking. *Journal of theoretical biology*, 347: 95–108.
24. Lin K., May A. C. W., Taylor W. R. 2001. Amino acid substitution matrices from an artificial neural network model. *Journal of Computational Biology*, 8: 471–481.
25. Nemzer L.R. 2017. A binary representation of the genetic code. *Biosystems*, 155: 10–19.
26. Pelc S.R. 1965. Correlation between coding-triplets and amino-acids. *Nature*, 207: 597–599.
27. Rodin A.S., Branciamore S. 2013. The Universal Genetic Code and Non-Canonical Variants. *Brenner's Encyclopedia of Genetics*, 263–264.
28. Trenchev I. et al. 2017. Mathematical Models for Studying the Properties of the Genetic Code. *Der Pharmacia Lettre*, 9 [8]: 40–54.

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Гарянина А.И., Червяков Н.И. 2020. Обзор методов математического моделирования свойств генетического кода. *Экономика. Информатика*. 47 (2): 372–379. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-372-379.

Garianina A.I., Chervyakov N.I. 2020. A review of mathematic modeling methods of genetic code properties. *Economics. Information technologies*. 47 (2): 372–379 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-372-379.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 004.942

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-380-389

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

DIGITALIZATION OF HEALTH: ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

Н.В. Заболотная, И.Н. Гатилова, А.Т. Заболотный
N.V. Zabolotnaya, I.N. Gatilova, A.T. Zabolotny

Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, д. 116а

Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 116a Sadovaya St, Belgorod, 308023, Russia

E-mail: znv6240@gmail.com, nura_1806@mail.ru, 4botkui@gmail.com

Аннотация

Во всем мире приоритетом развития сферы здравоохранения выступают цифровые технологии. Цифровизация обеспечивает доступность и качество услуг без увеличения расходов на здравоохранение, при этом развитие цифровой медицины невозможно без участия государства. Не стала исключением и Россия, где уже внедряются несколько заметных по мировым масштабам информационно-аналитических проектов. Целью исследования является изучение процессов информатизации, затрагивающих социально-экономическую сферу. Объектом исследования выступают лечебные учреждения сферы здравоохранения, а предметом изучения – информационные процессы в лечебных учреждениях. В статье рассматриваются вопросы целесообразности формализованного описания и моделирования системы здравоохранения в связи с переходом к всеобщей цифровизации и сопряжения ее с другими социально-экономическими сферами общества. Формализованное представление может служить основой для построения эскизных моделей различных социально-экономических систем, в том числе и системы здравоохранения. В работе внимание уделено вопросу необходимости развития информационных технологий в медицинских учреждениях, представляющих важное направление для создания механизма взаимодействия медицинских организаций на основе единой государственной информационной системы здравоохранения, что обеспечит цифровое преобразование и повышение эффективности функционирования всех уровней и учреждений сферы здравоохранения, а также позволит получить возможность использования гражданами страны электронных услуг и сервисов в сфере здравоохранения. Учитывая сложности выбора программного обеспечения для медицинских учреждений, которые бы имели функционал и возможность интеграции между собой и соответствовали техническим требованиям импортозамещения, авторы предприняли попытку выявить проблемы применения различных «интеграционных шин» и отдельных продуктов для обмена данными. Подчёркнута роль моделирования прикладных процессов и систем здравоохранения. В данном контексте представляется весьма актуальным рассмотрение трансформации функциональных задач в цифровые модели, поскольку при переходе к цифровой экономике, с их помощью реализуется возможность разрешения проблем путём доработки информационной системы здравоохранения. В статье рассмотрены структурные составляющие модели единой медицинской информационно-аналитической системы, приведена модель основных процессов, реализуемых посредством ЕМИАС (Единой медицинской информационно-аналитической системы) в учреждении здравоохранения. Ожидается, что в перспективе будет обеспечена возможность управления ресурсами

и планирования на всех уровнях здравоохранения. Полученные в ходе исследования результаты с научного и методического подходов позволят обобщить необходимость применения традиционных методов анализа и новых методов на основе системного анализа предметной области и уточнить информационную базу адекватных цифровых моделей, применяемых в исследуемой области.

Abstract

Digital technology is one of the priorities in the development of the healthcare sector worldwide. The digitalization process can provide a breakthrough in the availability and quality of services without increasing healthcare costs, and therefore the development of digital medicine is carried out with the active participation of the state. Russia was no exception, where several information-analytical projects that are noticeable on a global scale are already being introduced. The aim of the study is to study the processes of informatization affecting the socio-economic sphere. The object of the study is the medical institutions of the healthcare sector, and the subject of study is the information processes in medical institutions. The article discusses the feasibility of a formalized description and modeling of the healthcare system in connection with the transition to universal digitalization and its integration with other socio-economic spheres of society. A formalized presentation can serve as the basis for constructing conceptual models of various socio-economic systems, including the health care system. The work focuses on the need for the development of information technologies in medical institutions, which are an important direction for creating a mechanism for the interaction of medical organizations on the basis of a unified state health information system, which will provide digital transformation and increase the efficiency of functioning of all levels and institutions of the healthcare sector, and also provide an opportunity use by citizens of the country of electronic services and services in the field of healthcare i. Given the complexity of choosing software for medical institutions that would have functionality and the ability to integrate with each other and meet the technical requirements of import substitution, the authors attempted to identify problems using various “integration buses” and individual products for data exchange. The role of modeling of applied processes and healthcare systems is emphasized. In this context, it seems very relevant to consider the transformation of functional tasks into digital models, since in the transition to a digital economy, they help to solve problems by finalizing the health information system. The article discusses the structural components of the model of a unified medical information-analytical system, provides a model of the main processes implemented through the EMIAS (Unified Medical Information-Analytical System) in a healthcare institution. In the future, it is expected that resources will be managed and planned at all levels of health care. The results of the research obtained from the scientific and methodological approaches will allow us to generalize the need to use traditional methods of analysis and new methods based on system analysis of the subject area and to clarify the information base of adequate digital models used in the study area.

Ключевые слова: информатизация, цифровое здравоохранение, единая медицинская информационно-аналитическая система, система интегрированной медицинской информации, интегрированная медицинская информация, бизнес-процессы медицинских учреждений, прикладные системы, моделирование прикладных информационных процессов.

Keywords: informatization, digital healthcare, unified medical information and analytical system, integrated medical information system, integrated medical information, business processes of medical institutions, applied systems, modeling of applied information processes.

Введение

Процесс информатизации сферы здравоохранения в России идёт медленно, это определено низким уровнем использования средств информатизации в медицинских учреждениях на региональных уровнях, также наблюдается отставание в использовании и внедрении новых технологий, сервисов для улучшения качества медицинских услуг.

Первостепенное значение для решения поставленных задач имеют исследования, непосредственно направленные на изучение обеспечения своевременной, высокотехнологической медицинской помощи пациентов. Эффективность управления в сфере здравоохранения способна улучшить качество лечения пациентов, а также сохранить жизнь или предотвратить тяжелые осложнения у больных. Решение проблем, связанных с информатизацией здравоохранения в регионах, возможно при проведении глобальной



информатизации, упорядочивании внедрений в организациях здравоохранения по регионам и взаимодействию между лечебными учреждениями.

Глубокое и всестороннее рассмотрение различных аспектов работы лечебных учреждений регионов, как и сферы здравоохранения в целом, выявило остро стоящую проблему информационной интеграции, в связи с недостаточно полной автоматизацией процессов электронного обмена медицинскими документами между подразделениями на всех уровнях. Постепенно проходят процессы отказа от «лоскутной информатизации», совершенствуются процессы выписки и передачи электронных больничных листов, выстраиваются и развиваются процессы выписки и учёта электронных рецептов, поэтапно устанавливаются связи между информационными системами ведомственных учреждений для формирования единого информационного пространства и организации поддержки сквозных бизнес-процессов на рабочих местах по уровням управления. Вместе с тем следует отметить, что недостаточно задействованы инструменты информатизации контроля качества при оказании медицинской помощи.

Особое значение в свете новых задач, в том числе поставленных в Указе Президента РФ от 07.05.2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» приобретает разработка эффективных путей преобразования приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, включая здравоохранение, посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений.

Для успешной реализации государственной программы «Цифровая экономика» на 2011–2024 гг. предусматривается развитие цифрового здравоохранения в рамках государственной программы «Здоровая нация – здоровая Россия» и национального проекта «Цифровая медицина», и в частности федеральной программы создания единого цифрового контура на основе Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ). Процесс информатизации здравоохранения реализуется уже достаточно давно и во многих регионах страны постепенно решаются поставленные задачи.

Сфера таких исследований весьма разнообразна и получила освещение в ряде научных работ. Работы С.В. Панасенко, Т.О. Бедриной, А. Крылова, И.П. Дудановой отражают специфику цифровой революции в здравоохранении. В дальнейшем эта мысль получила свое развитие в работах А.В. Гусева, О.С. Безнос, С.В. Радченко, Г.И. Назаренко, Г. Орлова, М.И. Хаткевича и др. Все эти исследования позволяют глубже понять подходы к использованию информационных систем и их конкретное приложение в основных разделах здравоохранения.

Основные результаты исследования

Единый цифровой контур части ЕГИСЗ социально-экономической системы строится совместно всеми регионами страны. Усиление внимания к проблеме связано в первую очередь с объединением 85 регионов в работоспособную систему, что невозможно без установки правовых основ и государственной поддержки, взаимосвязи специализированных информационных систем и привлечения высококвалифицированных специалистов на всех уровнях.

Решение проблемы централизованного управления учреждениями здравоохранения на уровне города невозможно без полнофункциональной автоматизированной информационно-аналитической медицинской системы.

Перспективу для решения данной проблемы открывает разработанная концепция модернизации и эксплуатации автоматизированной информационной системы города Москвы, подготовленная для развития информационно-коммуникационных технологий в здравоохранении. В рамках данной концепции создаётся Единая медицинская информационно-аналитическая система – ЕМИАС.

ЕМИАС является компонентом Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ), интегрирована с федеральной составляющей ЕГИС, образуя единое информационное пространство системы здравоохранения.

Основная функциональная особенность ЕМИАС состоит в обеспечении автоматизации процессов и информационной поддержки организации оказания медицинской помощи населению города. Цель ЕМИАС состоит в автоматизации рабочих процессов медиков, экономии времени пациентов, возможности в реальном времени отслеживать лечение больных.

ЕМИАС содержит систему интегрированной медицинской информации, формируемую при реализации основных бизнес-процессов медицинских учреждений, осуществляющих медицинскую деятельность на территории города.

Единая медицинская информационно-аналитическая система призвана повысить качество и доступность оказания медицинской помощи населению, а также преимущество лечебно-диагностического процесса между учреждениями здравоохранения (УЗ).

Функции сбора, регистрации, обработки, систематизации, хранения, представления, информации в системе реализованы моделями медицинского контента и схемами информационного обмена, в тоже время сохраняется возможность адаптации электронного документооборота медицинского учреждения здравоохранения.

В исследуемой проблематике оптимизации и улучшения работы системы здравоохранения центральными становятся вопросы разработки автоматизированной системы поддержки принятия решений. Основным инструментом управления медицинскими учреждениями являются информационные технологии обобщения данных и предоставление результатов и агрегированной информации на вышестоящий уровень. Здесь уместно обратить внимание на то, что все еще не до конца проработаны вопросы проверки поступающей информации на предмет достоверности, не полностью реализована возможность оперативного изменения перечня и структуры представленной аналитической информации в зависимости от решаемой задачи. ИС в здравоохранении разрабатывались децентрализованно, не учитывая единых стандартов и методологии проектирования, поэтому существуют сложности в управлении и анализе деятельности системы здравоохранения в целом.

На рисунке 1 представлена обобщенная модель функционирования ЕМИАС, демонстрирующая взаимосвязь автоматизации задач, реализованных на уровнях медицинских организаций (МУ – медучреждений) с возможностью комплексной консолидации информации на высших уровнях управления территориального и государственного управления здравоохранения.



Рис. 1. Модель функционирования ЕМИАС

Fig. 1. The EMIAS functioning model

Как видно из формализованного представления (рис. 1), функционирование ЕМИАС как части социально-экономической системы невозможно без взаимодействия с другими участниками системы здравоохранения, и невозможно её рассматривать отдельно от самих участников. Функционирование ЕМИАС обеспечивается путём автоматизации сквозных бизнес-процессов, посредством следующих общегородских информационных сервисов:

- система управления потоками пациентов (СУПП);
- система персонифицированного учёта пациентов (СПУП);
- централизованный лабораторный сервис (ЦЛС);
- льготное лекарственное обеспечение (ЛЛО);
- консолидированный пользовательский интерфейс (КПИ).

Выявление специфических особенностей медицинской информационной системы на уровне медицинского учреждения является тем основанием, на котором строятся все остальные аспекты исследования, реализующие базовый набор функций, моделируемый следующими объектами: базой данных подсистемы «Регистратура», «Реестр единых медицинских документов», «Библиотека систем принятия врачебных решений», Региональный портал МУ, «Электронная медицинская карта», «Подсистема управления потоками пациентов», «Личный кабинет пациента», Информация для иных целей.

Постановлением Правительства Российской Федерации № 555 от 05.05.2018 «О единой государственной информационной системе в здравоохранении» определены сервисы, разрабатываемые ЕМИСЗ, которые могут быть реализованы соответствующими подсистемами (рис. 2).

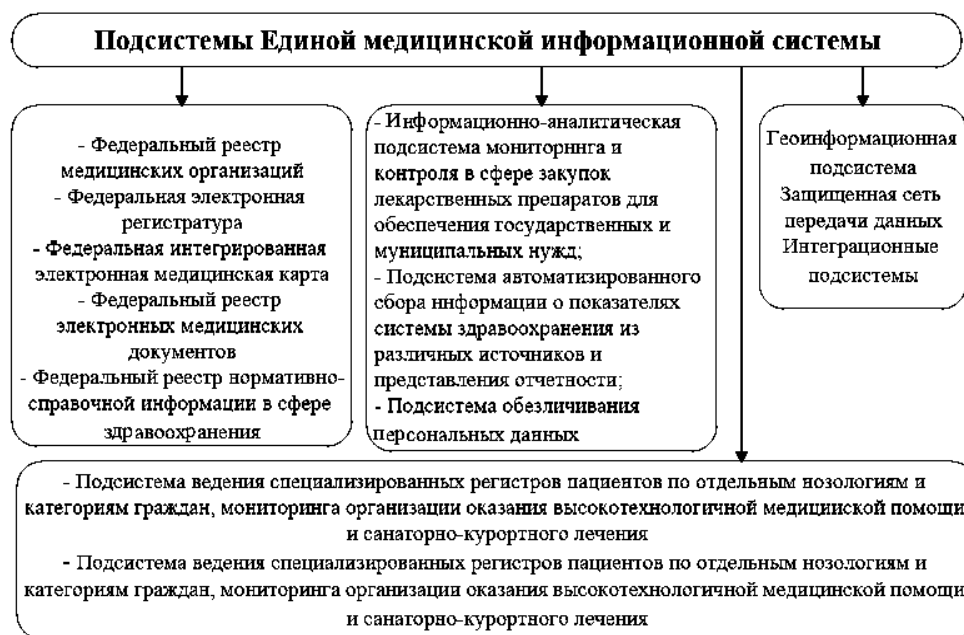


Рис. 2. Подсистемы ЕМИС

Fig. 2. EMIS subsystems

Эскизная модель инфраструктуры социально-экономической системы здравоохранения подсистемы ЕМИС демонстрирует взаимосвязь подсистем, а также реализуемых информационных и прикладных процессов медицинского учреждения через информационно-технологическую поддержку.

Системно-техническая инфраструктура и взаимодействие между её компонентами обеспечивает функционирование подсистем и сервисов ЕМИАС.

Основной элемент инфраструктуры ЕМИС – федеральный центр обработки данных (ЦОД), который может физически располагаться на нескольких территориально удаленных площадках. Разработка технической архитектуры федерального ЦОД ориентирована на уже

существующие и апробированные технологии, с учетом тенденций и перспективных цифровых технологий с элементами искусственного интеллекта. Для обеспечения дальнейшего развития Федерального ЦОД техническая компонента и её архитектура должны обладать свойствами гибкости и масштабируемости.

В результате изучения был получен материал, анализ которого позволил заключить, что основой для построения эскизной модели социально-экономической единой медицинской информационно-аналитической системы может служить формализованное представление основных функций и процессов, реализуемых ЕМИАС в учреждениях здравоохранения (УЗ). Это даст возможность осуществлять планирование процессов и управление ресурсами на всех уровнях управления, оптимально использовать имеющиеся в распоряжении УЗ все виды ресурсов.

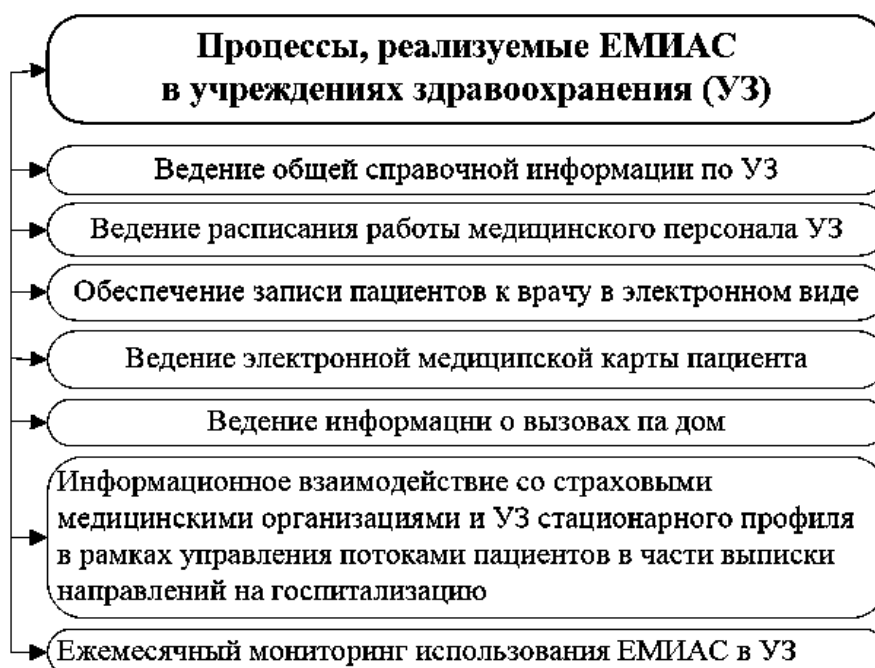


Рис. 3. Эскизная модель процессов, реализуемых ЕМИАС в учреждениях здравоохранения
Fig. 3. A preliminary model of the processes implemented by UMIAS in healthcare facilities

Собственные наблюдения и специальные исследования в этом плане показали, что сложность построения адекватной цифровой модели социально-экономической единой медицинской информационно-аналитической системы связана с тем, что системный подход к анализу предметной области, т. е. к здравоохранению, должен сочетаться с традиционными методами анализа, применяемыми в этой области.

В рамках создания ЕМИАС выполняются следующие шаги по моделированию контента системы и распространению информационных схем на уровне города:

- разработаны базовые блоки информационного контента – архетипы. Проработанные с медицинской точки зрения, которые представлены как хорошо структурированные, отвечающие современным представлениям о специфике предметной области и компьютерной обработке блоков медицинских знаний.

- из архетипов моделируются композитные сущности документооборота – шаблоны медицинских документов для всех пользователей и специалистов врачебных специальностей.

При этом для конкретных медицинских документов производят уточнение структуры архетипов (настройка обязательных полей и способы их заполнения), уточнён и автоматизирован ввод списка возможных значений при выборе и/или автозаполнении. Разработаны унифицированные шаблоны таких документов, как талон амбулаторного

пациента, протокол осмотра пациента, протокол лабораторной диагностики, карта направления в стационар, карта назначений и другие.

Результаты тестирования отдельных модулей системы при участии аналитиков-экспертов, пользователей-специалистов демонстрируют порядок регистрации, документирование спецификаций архетипов и шаблонов; проводится оценка реализации функций, выявляются противоречия и разрабатываются управленческие решения и план мероприятий по устранению несоответствий.

Не вдаваясь в подробное обсуждение, отметим, что поддержка принятия управленческих решений работоспособности всех компонентов системы обеспечивает возможность оценки и обработки данных мониторинга показателей по всем направлениям обслуживания пациентов учреждений здравоохранения. На рисунке 4 представлена модель ролей и функций пользователей ЕМИАС в государственных учреждениях здравоохранения.



Рис. 4. Модель ролей и функций пользователей ЕМИАС в государственных учреждениях здравоохранения

Fig. 4. The model of roles and functions of UMIAS users in public health facilities

Для принятия управленческих решений в сфере здравоохранения субъекта Российской Федерации необходимо опираться на:

– анализ и обработку данных мониторинга показателей здоровья населения, включая оценку заболеваемости, инвалидности и смертности различных половозрастных групп населения по нозологиям, для целей принятия управленческих решений в сфере здравоохранения субъекта Российской Федерации;

– сравнительный анализ деятельности медицинских организаций субъекта Российской Федерации, а также анализ обеспеченности и потребности в основных видах медицинской помощи, включая контроль выполнения территориальной программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи;

– оценку показателей, характеризующих систему оказания медицинской помощи, и их динамику.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать некоторые обобщения, представляющие интерес для нашего исследования: типичным базисом для дальнейшего изучения и поиска новых подходов к моделированию медицинской информационной системы с позиции её влияния на социально-экономическое состояние являются информационные процессы и представленные модели системы здравоохранения. Таким образом, моделирование информационных процессов сферы здравоохранения актуально в настоящее время и направлено на реформирование системы здравоохранения, что позволит регулировать процессы цифровизации медицинской информационной системы на всех государственных уровнях.

Рассмотренные в статье варианты моделей, используемые для описания медицинских информационных систем, позволят оптимизировать автоматизацию медицинских учреждений. Рассмотренные в статье подходы к моделированию прикладных информационных процессов при создании ЕМИАС основаны на процессном подходе и методе цепочек создания ценностей. Сказанное заставляет полагать, что предпринятая нами попытка моделирования МИС является универсальной и с её помощью есть возможность решать узкие задачи при модификации отдельных подсистем Единой медицинской информационно-аналитической системы. Такой подход для автоматизации новых задач может быть использован, если учитывать уже реализованные функции во внедрённых программных решениях в учреждениях здравоохранения. Идея преемственности в программных решениях позволит эффективно использовать ресурсы, учесть недостатки и добиться ожидаемого результата.

Список литературы

1. Бедрина Т. О проекте «Создания единого цифрового контура на основе ЕГИСЗ». URL: <https://docplayer.ru/147170461-O-proekte-sozdaniya-edinogo-cifrovogo-kontura-na-osnove-egisz.html>. (дата обращения: 30 января 2020 г.)
2. Безнос О.С. 2008. Разработка методического аппарата для создания медицинской информационной системы лечебного учреждения. Автореф. дис. канд. мед. наук. Краснодар.
3. Гусев А. ЕГИСЗ по закону. URL: <http://www.iksmedia.ru/articles/5489936-EGISZ-po-zakonu.html>. (дата обращения: 30 января 2020 г.)
4. Данилова Л.В. 2014. Оценка эффективности медицинской информационной системы муниципального здравоохранения. Автореф. дис. канд. мед. наук. г. Оренбург.
5. Кутушев Т.Ш. Научные подходы в использовании информационных технологий при оказании медицинской помощи. Автореф. дис. канд. мед. наук. Санкт-Петербург.
6. Как искусственный интеллект оптимизирует работу ИТ-подразделений. URL: https://www.cnews.ru/articles/2019-09-30_kak_iskusstvennyj_intellekt_optimiziruet. (дата обращения: 3 февраля 2020 г.)
7. Крылова А. 2018. Медицина обретает цифровой контур. URL: <http://www.iksmedia.ru/articles/5543358-Medicina-obretaet-cifrovoj-kontur.html#ixzz6EFK2BUyг> (дата обращения: 02 февраля 2020 г.)
8. Медицинские информационные системы: Анализ рынка. Гусев А., Романов Ф., Дуданов И. URL: <https://infosib.com.ru/mis-analiz>. (дата обращения: 8 февраля 2020 г.)
9. Орлов Г. 2017. Практическая польза информатизации здравоохранения: опыт Петербурга. URL: <http://www.iksmedia.ru/articles/5434116-Prakticheskaya-polza-informatizacii.html> (дата обращения: 3 февраля 2020 г.)
10. Панасенко С.В. 2018. Перспективы использования нейротехнологий в различных отраслях цифровой экономики. Российское предпринимательство. 11 (19): 3269–3278.
11. Построение медицинской системы федерального государственного бюджетного учреждения «Национального медико-хирургического центра имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25053>
12. Технологии группы компаний Интерин. Исследования и технологии. URL: <http://www.interin.ru/issledovaniya-i-tehnologii/index.html>. (дата обращения: 25 января 2020 г.)
13. Указ Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года». URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1195467/> (дата обращения 02 февраля 2020 г.).



14. Постановление «О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения» (внес. изм. 02.02.2019 г.) от 05.05.2018 г. № 555. URL: <http://docs.cntd.ru/document/557308809> (дата обращения 02 февраля 2020 г.).

15. Приказ «Об утверждении концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения» от 24.04.2011 г. № 364 (в ред. Приказа Минздравсоцразвития России от 12.04.2012 г. № 348). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113731/ (дата обращения: 10 февраля 2020).

16. Приказ Минздрава России № 911н от 19.06.2019 г. «Об утверждении Требований к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций». URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1278214/> (дата обращения: 14 февраля 2020г.).

17. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г. N 16). URL: <https://base.garant.ru/72190282/> (дата обращения: 30 января 2020 г.).

18. Цифровая медицина в цифрах. 2016. Коммерсант. URL: <https://mhealthrussian.wordpress.com/2016/06/14/digitalhealth/> (дата обращения: 25 января 2020 г.).

19. Федеральный закон от 29.07.2017 г. № 242-ФЗ О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья. Вступил в силу с 1 января 2018 года. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/42200>. (дата обращения: 29 января 2020 г.)

20. Яковлева Л.Р. 2017. Актуализация проблем повышения медицинских услуг служб скорой помощи в контексте реформирования системы здравоохранения в Белгородской области. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 4 (65): 201–212.

References

1. Bedrina T. O proekte «Sozdaniya edinogo cifrovogo kontura na osnove EGISZ» [About the project «Creation of a single digital circuit based on EGISP»]. URL: <https://docplayer.ru/147170461-O-proekte-sozdaniya-edinogo-cifrovogo-kontura-na-osnove-egisz.html> (accessed: 30 janvarja 2020).

2. Beznos O.S. 2008. Razrabotka metodicheskogo apparata dlja sozdaniya medicinskoj informacionnoj sistemy lechebnogo uchrezhdenija [Development of a methodological apparatus for creating a medical information system of a medical institution]. Avtoref. dis. kand. med. nauk. Krasnodar.

3. Gusev A. EGISZ po zakonu [EGISZ by law]. URL: <http://www.iksmedia.ru/articles/5489936-EGISZ-po-zakonu.html>. (accessed: 30 janvarja 2020).

4. Danilova L.V. 2014. Ocenka jeffektivnosti medicinskoj informacionnoj sistemy municipal'nogo zdravoohraneniya [Evaluation of the effectiveness of the municipal health information system]. Avtoref. dis. kand. med. nauk. g.Orenburg.

5. Kutushev T.Sh. Nauchnye podhody v ispol'zovanii informacionnyh tehnologij pri okazanii medicinskoj pomoshhi [Scientific approaches to the use of information technology in the provision of medical care]. Avtoref. dis. kand. med. nauk. Sankt-Peterburg.

6. Kak iskusstvennyj intellekt optimiziruet rabotu IT-podrazdelenij [How Artificial Intelligence Optimizes IT]. URL: https://www.cnews.ru/articles/2019-09-30_kak_iskusstvennyj_intellekt_optimiziruet. (accessed: 3 fevralja 2020).

7. Krylova A. 2018. Medicina obretaet cifrovoj kontur [Medicine takes on a digital circuit]. URL: <http://www.iksmedia.ru/articles/5543358-Medicina-obretaet-cifrovoj-kontur.html#ixzz6EFK2BUyr> (accessed: 02 fevralja 2020).

8. Medicinskie informacionnye sistemy: analiz rynka [Medical Information Systems: Market Analysis]. Gusev A., Romanov F., Dudanov I. URL: <https://infosib.com.ru/mis-analiz>. (accessed: 8 fevralja 2020).

9. Orlov G. 2017. Prakticheskaja pol'za informatizacii zdravoohraneniya: opyt Peterburga [The practical benefits of health informatization: the experience of St. Petersburg]. URL: <http://www.iksmedia.ru/articles/5434116-Prakticheskaya-polza-informatizacii.html>. (accessed: 3 fevralja 2020).

10. Panasenko S.V. 2018. Perspektivy ispol'zovaniya neyrotekhnologiy v razlichnykh otraslyakh tsifrovoy ekonomiki [Prospects for the use of neurotechnologies in various sectors of the digital economy]. Rossiyskoye predprinimatel'stvo. 11 (19): 3269–3278.

11. Postroenie medicinskoj sistemy federal'nogo gosudarstvennogo bjudzhetnogo uchrezhdenija «Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo centra imeni N.I. Pirogova» Ministerstva zdravooxranenija Rossijskoj Federacii [Construction of the medical system of the federal state budgetary institution «N.I. National Medical and Surgical Center Pirogov» of the Ministry of Health of the Russian Federation]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25053>. (accessed: 30 janvarja 2020).

12. Tehnologii gruppy kompanij Interin. Issledovaniya i tehnologii [Technologies of the Interin group of companies. Research and technology]. URL: <http://www.interin.ru/issledovaniya-i-tehnologii/index.html>. (accessed: 25 janvarja 2020).

13. Ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2018. № 204 «O nacional'nyh celjah i strategicheskikh zadachah razvitiya RF na period do 2024 goda» [Decree of the President of the Russian Federation of 05.07.2018. No. 204 «On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period until 2024»]. URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1195467/> (accessed 02 February 2020).

14. Postanovlenie «O edinoj gosudarstvennoj informacionnoj sisteme v sfere zdravooxranenija» (vnes. izm. 02.02.2019.) ot 05.05.2018. № 555 [Decree «On a unified state information system in the field of healthcare»]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/557308809> (accessed date 02 February 2020).

15. Prikaz «Ob utverzhdenii koncepcii sozdaniya edinoj gosudarstvennoj informacionnoj sistemy v sfere zdravooxranenija» ot 24.04.2011. № 364 (v red. Prikaza Minzdravsocrazvitiya Rossii ot 12.04.2012. № 348) [Order «On approval of the concept of creating a unified state information system in the field of healthcare» of 04.24.2011, No. 364]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113731/ (accessed February 10, 2020)).

16. Prikaz Minzdrava Rossii № 911n ot 19.06.2019 «Ob utverzhdenii Trebovanij k gosudarstvennym informacionnym sistemam v sfere zdravooxranenija subjektov Rossijskoj Federacii, medicinskim informacionnym sistemam medicinskih organizacij i informacionnym sistemam farmacevticheskikh organizacij» [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 911n dated June 19, 2019 «On the Approval of Requirements for State Information Systems in the Sphere of Health Care of the Subjects of the Russian Federation, Medical Information Systems of Medical Organizations and Information Systems of Pharmaceutical Organizations»]. URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1278214/> (accessed: February 14, 2020).

17. Pasport nacional'noj programmy «Cifrovaja jekonomika Rossijskoj Federacii» (utv. prezidiumom Soveta pri Prezidente Rossijskoj Federacii po strategicheskomu razvitiyu i nacional'nyim proektam 24 dekabrja 2018 N 16) [Passport of the national program «Digital Economy of the Russian Federation» (approved by the Presidium of the Presidential Council for Strategic Development and National Projects on December 24, 2018 N 16)]. URL: <https://base.garant.ru/72190282/> (accessed: January 30, 2020).

18. Cifrovaja medicina v cifrah [Digital medicine in numbers]. 2016. Kommersant URL: <https://mhealthrussian.wordpress.com/2016/06/14/digitalhealth/>. (accessed: 25 janvarja 2020).

19. Federal'nyj zakon ot 29.07.2017 № 242-FZ O vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii po voprosam primenenija informacionnyh tehnologij v sfere ohrany zdorov'ja [Federal Law of July 29, 2017 No. 242-FZ On Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation Regarding the Use of Information Technologies in the Field of Health Care]. Vstupil v silu s 1 janvarja 2018 goda. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/42200>. (accessed: 29 janvarja 2020).

20. Yakovleva L.R. 2017. Aktualizatsiya problem povysheniya meditsinskih uslug sluzhb skoroy pomoshchi v kontekste reformirovaniya sistemy zdravookhraneniya v Belgorodskoy oblasti [Actualization of the problems of increasing the medical services of ambulance services in the context of reforming the healthcare system in the Belgorod Region]. Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava. 4 (65): 201–212.

Ссылка для цитирования статьи For citation

Заболотная Н.В., Гатилова И.Н., Заболотный А.Т. 2020. Цифровизация здравоохранения: достижения и перспективы развития. Экономика. Информатика. 47 (2): 380–389. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-380-389.

Zabolotnaya N.V., Gatilova I.N., Zabolotny A.T. 2020. Digitalization of health: achievements and prospects for development. Economics. Information technologies. 47 (2): 380–389 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-380-389.



УДК 004.853

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-390-401

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

A CONCEPTUAL MODEL OF THE INTELLIGENT EDUCATIONAL ECOSYSTEM

Д.М. Оболенский, В.И. Шевченко
D.M. Obolensky, V.I. Shevchenko

Севастопольский государственный университет,
Россия, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya St, Sevastopol, 299053, Russia

E-mail: denismaster@outlook.com, VShevchenko@sevsu.ru

Аннотация

В данной статье авторы рассматривают современные подходы, применяемые в дистанционном образовании, определяют проблемы дистанционного обучения, в частности проблему обратной связи, релевантности, поиска необходимых курсов, а также актуальности курсов с учетом развития компетентностной парадигмы получения знаний. В ходе работы исследуются идеи, способные улучшить обратную связь и качество получаемых знаний, персонализировать изучаемый материал, а также учитывать актуальность изучаемых курсов на рынке труда. Изучается идея индивидуальных образовательных траекторий, формируемых в зависимости от индивидуальных навыков, возможностей студента, а также его целей. Предложена концептуальная модель интеллектуальной образовательной экосистемы, описывается ее структура и метрики. На основе данной концепции планируется разработка СППР для построения персональных рекомендаций в дистанционном образовании с использованием современных методов машинного обучения и искусственного интеллекта.

Abstract

In this article, the authors explore modern approaches used in distance education, defines the problems of distance learning, such as the problem of feedback, relevance, the search for the necessary courses, as well as the importance of courses, taking into account the competency-based paradigm of knowledge acquisition. During the research, the author examines ideas that can improve feedback and the quality of knowledge gained, personalize the subjects studied. The author suggests also to use job and CV datasets to find important statistic data required for these improvements. The idea of individual educational paths is being studied, which are formed depending on individual skills, student cognitive abilities as well as his goals. A conceptual model of the intellectual educational ecosystem is proposed, its structure and metrics are described. Based on this concept, the authors planned to develop a DSS for building personal recommendations in distance education using modern methods of machine learning and artificial intelligence.

Ключевые слова: индивидуальная образовательная траектория, образовательная экосистема, персонализация, дистанционное образование.

Keywords: individual educational path, educational ecosystem, personalization, distance education.

Введение

Цифровизация образовательной деятельности является одной из тенденций современного общества. Понятия, связанные с технологиями дистанционного образования (ДОТ) и электронного обучения (ЭО), закреплены на законодательном уровне в Федеральном законе от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [ФЗ РФ, 2012]. Специфика образовательной деятельности высших школ предполагает огромные

объемы информации, мобильность обучающихся, увеличение доли самостоятельной работы [Козлова и др., 2017]. В этом случае применение ЭО и ДОТ является существенным преимуществом.

Однако онлайн-обучение имеет также свои недостатки. Помимо отсутствия мотивации и низкой статистики проходимости курсов, можно отметить отсутствие индивидуализации материала курса для отдельного студента. Темп подачи материала задается автором, и не всегда может подходить под индивидуальные когнитивные способности студентов. Затруднено получения обратной связи от студентов, так как многие курсы рассчитаны на широкие массы. Таким образом, становится сложнее произвести оценку эффективности той или иной технологии обучения, определить факторы, влияющие на обучение, оценить квалификацию преподавателей [ФЗ РФ, 2012; Козлова и др., 2017].

Для решения поставленных проблем современная система образования предлагает концепцию «индивидуальной образовательной траектории обучения». Основными идеями, лежащими в основе индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ), лежат понятие адаптивного, модульного и персонализированного образования. Адаптивность подразумевает наличие обратной связи между студентом и преподавателем, а также систему мотивации. Модульность подачи учебных материалов позволяет кластеризировать знания и практические умения по вырабатываемым навыкам. Персонализация позволяет сформировать индивидуальную последовательность изучения дисциплин для студента на основе заданных целей обучения, а также использовать наиболее подходящие по форме изложения материалы [Козлова и др., 2017; Мащенко и др., 2017].

Однако существующие на сегодняшний день методы и модели формирования индивидуальных образовательных траекторий не в полной мере учитывают особенности формирования компетентностного профиля современного эффективного специалиста, а также запросы работодателей для решения текущих и будущих задач бизнеса. В связи с чем актуальной является задача разработки на основе компьютерных моделей и современных информационных технологий новых моделей формирования компетентностного профиля на основе индивидуальных образовательных траекторий с применением ЭО и ДОТ [Гримута, Шевченко, 2019].

В рамках данной статьи предлагается концептуальная модель интеллектуальной образовательной экосистемы (ИОЭ). Данная экосистема должна учитывать различные виды образовательных материалов, предоставлять актуальные и релевантные рекомендации с учетом потребностей как пользователя, так и будущих работодателей.

Подходы к моделированию интеллектуальной образовательной экосистемы

С целью более чёткого позиционирования тематики работы, для построения концептуальной модели интеллектуальной образовательной экосистемы необходимо рассмотреть уже существующие подходы к организации образовательных траекторий и модели представления знаний в данном направлении.

Модель знаний, согласно работе [Любченко, 2011], можно представить в виде оверлейной модели в виде сети концептов. Данные концепты связаны друг с другом по принципу семантической сети или графа. Наложение данной модели на компетентностную парадигму позволяет различным образом сформировать подграфы знаний, соответствующих различным компетенциям. Это также позволяет формировать, дополнять, развивать наборы знаний, входящие в компетенции, формировать граф навыков специальностей. Пример модели концептов представлен на рисунке 1.

Эффективный способ формирования индивидуальных траекторий – дифференцированное обучение [Су, 2008]. Авторы учебного плана и преподаватели работают вместе над составлением нескольких предопределенных траекторий развития, а студент вправе выбрать наиболее подходящую для него. Еще одним способом формирования такой индивидуальной траектории является кластеризация групп обучающихся на основании различных метрик [Чен, Ду, 2008]. Данный подход наиболее прост в реализации, а также очень схож с традиционным, линейным режимом обучения [Кравец и др., 2017].

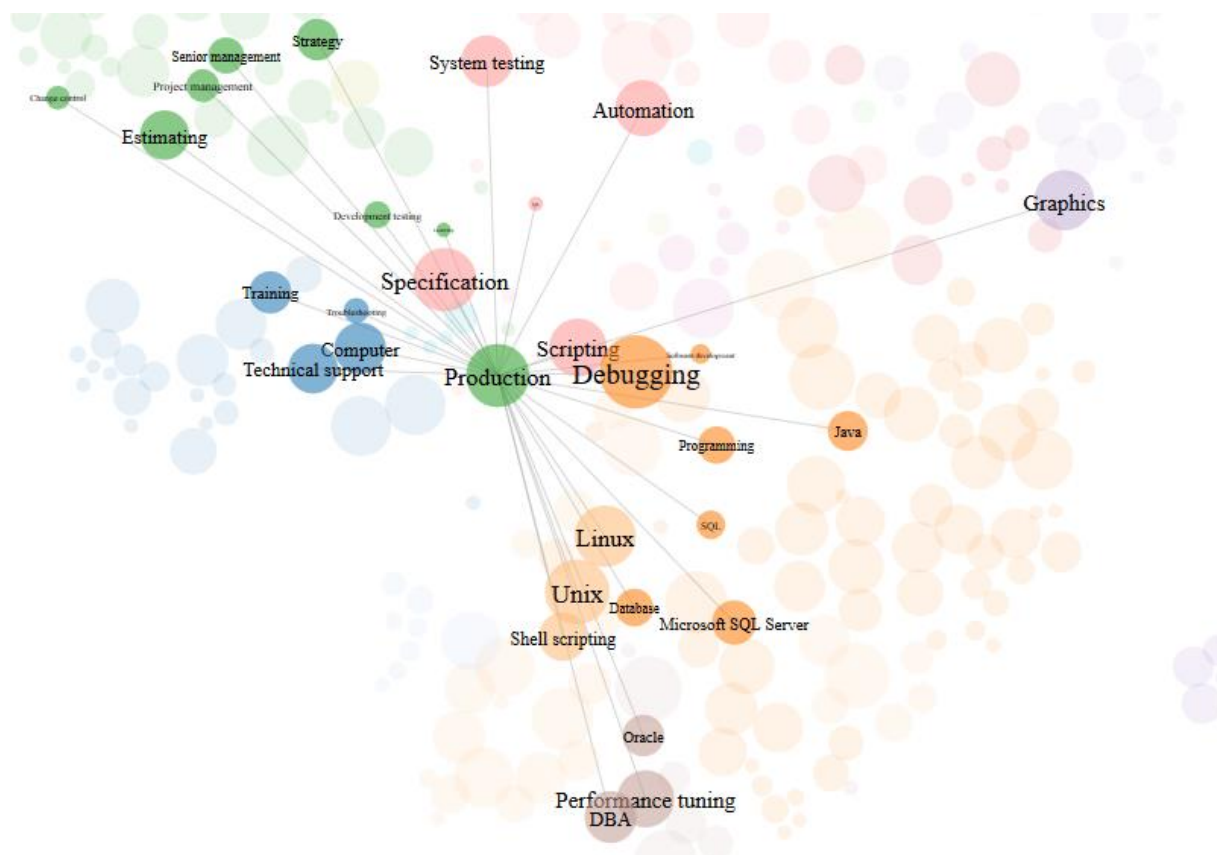


Рис. 1. Пример графа концептов
Fig. 1. An example of the concept graph

Метод деревьев решений позволяет направлять студента по тому или иному пути в зависимости от результатов оценки его знаний. Авторы курса заранее должны предложить методику оценивания знаний, порядок выполнения тестов, а также предопределить дерево решений [Чен, 2008]. Индивидуальная образовательная траектория формируется в таком случае динамически, на основании результатов оценивания. Очевидно, что в таком методе важную роль играет сама методика оценивания. В работе Афанасьева, Войта [Афанасьев, Войт, 2013] предлагается использование нечётких карт Кохонена для оценки и диагностики знаний и умений студентов. В работе Солдаткина [Солдаткин, 2013] предлагается автоматизированный способ генерации тестовых заданий на основе композиции нечетких множеств. Вероятностные модели, представленные в работе Серебровского и др. [Серебровский и др., 2013], позволяют представить процесс дистанционного обучения как вероятностную динамическую систему. Совокупность состояний, последовательная смена данных состояний, а также вероятности переходов между этими состояниями позволяет динамически формировать индивидуальные траектории для студентов на основе различных метрик [Лин и др., 2013].

Графовая модель, согласно работам Глущенко, Любченко [Глущенко, 2009; Любченко, 2011] также позволяет учитывать особенности студента, его знаний, а также его способности учиться. Построение индивидуальной траектории сводится к формированию множества возможных вариантов дальнейших действий. Например, система может предложить повторить знания по какому-либо материалу. В итоге формируется нелинейный граф прохождения изучения разделов учебного материала. Данная модель является наиболее сложной в реализации. Построение графа знаний и графа учебных материалов позволяет также формировать дорожные карты развития специалиста. Рассмотренные модели можно обобщить и скомбинировать, построив математическую модель ИОЭ.

Формальное описание концептуальной модели интеллектуальной образовательной экосистемы

Для формализации описания модели ИОЭ необходимо ввести ряд математических понятий. Пусть задано множество всех направлений подготовки SP :

$$SP = \{sp_i\}_{i=1}^{\|SP\|}. \quad (1)$$

Под направлением подготовки далее подразумевается определенная область знаний, сфера деятельности и т. д.

Также задано множество всех компетенций S :

$$S = \{s_j\}_{j=1}^{\|S\|}. \quad (2)$$

Также задано глобальное множество различных дисциплин (курсов) C :

$$C = \{c_k\}_{k=1}^{\|C\|}. \quad (3)$$

Каждому направлению подготовки можно поставить в соответствие множество компетенций этого направления. Таким образом, зададим бинарное отношение [Лаврентьев, Шабат, 1972] между этими двумя множествами в виде функции SSP :

$$\forall sp \in SP, SSP(sp): SP \rightarrow S': S' \subseteq S. \quad (4)$$

С другой стороны, при изучении каждой дисциплины осваиваются определенные компетенции. Это значит, что каждой дисциплине можно поставить в соответствие некоторое множество компетенций. Зададим бинарное отношение между этими двумя множествами в виде функции SC :

$$\forall c \in C, SC(c): C \rightarrow S'': S'' \subseteq S. \quad (5)$$

Для дальнейших рассуждений, при помощи функций SP и SC определим множество дисциплин для данного направления подготовки в зависимости от строгости рассуждений. Определим функцию $CSP(sp)$, которая вернет множество дисциплин, релевантных для выбранного направления.

Нестрого говоря, дисциплина c релевантна выбранной специальности sp , если пересечение множеств $SSP(sp)$ и $SC(c)$ – непустое множество:

$$CSP(sp) = \{c \in C \mid SC(c) \cap SSP(sp) \neq \emptyset\}. \quad (6)$$

Строго говоря, курс c релевантен выбранному направлению sp , если множество $SC(c)$ является подмножеством $SSP(sp)$:

$$CSP(sp) = \{c \in C \mid SC(c) \subseteq SSP(sp)\}. \quad (7)$$

Выбор строгости рассуждений (6, 7) влияет лишь на мощность результирующего множества $CSP(sp)$.

На практике дисциплины изучаются в определенном порядке. Например, для изучения курса по базам данных необходимо сперва изучить курсы по базовой математике, информатике и реляционной алгебре. Некоторые дисциплины могут дублировать информацию друг друга, например, курсы различных авторов или на различных образовательных платформах.

Пусть задано бинарное отношение частичного упорядочивания $\preceq$, связывающее два произвольных курса. Если для произвольных дисциплин c_i и c_j выполняется данное бинарное отношение $c_i \preceq c_j$, то это означает, что для изучения курса c_i необходимо изучить предварительно курс c_j .

Если для произвольных дисциплин c_i и c_j выполняются соотношения $c_i \preceq c_j$ и $c_j \preceq c_i$, то это означает, что дисциплины c_i и c_j эквивалентны.

Если для произвольных дисциплин c_i и c_j не выполняются соотношения $c_i \preceq c_j$ или $c_j \preceq c_i$, то это означает, что дисциплины c_i и c_j несравнимы, т. е. нельзя сказать, в каком порядке их следует изучать.

Таким образом, для выбранной специальности sp , задав функцию $CSP(sp)$ и бинарное отношение $\preceq$, можно сформировать (8) направленный ациклический граф [Туласираман, Свами, 1992] изучения данных дисциплин $DACG(sp)$:

$$DACG(sp) = \langle CSP(sp), ESP(sp) \rangle, \quad (8)$$

где множество $ESP(sp)$ задано (9) следующим образом:

$$ESP(sp) = \{(c_i, c_j) \mid c_i \in CSP(sp), c_j \in CSP(sp), c_i \preceq c_j\}. \quad (9)$$

В качестве вершин данного графа для выбранного направления подготовки sp мы используем множество $CSP(sp)$. В качестве рёбер графа используется множество $ESP(sp)$, т. е. такие пары (c_i, c_j) , состоящие из элементов множества $CSP(sp)$, для которых выполняется заданное бинарное отношение $\preceq$.

Пример данного графа $DACG(sp)$ представлен на рисунке 2.

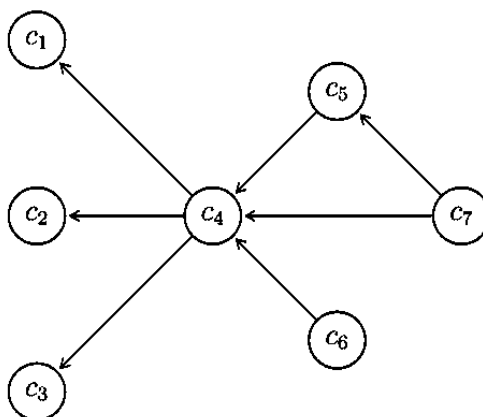


Рис. 2. Пример графа дисциплин
Fig 2. An example of the graph DACG

Любой студент, получающий образование и использующий для этого дистанционные онлайн-курсы, обладает различными когнитивными способностями, а также различными целями в жизни. С другой стороны, дисциплины также обладают различными характеристиками, равно как и развиваемые ею компетенции. В связи с этим, использование отношения $\preceq$ является недостаточным для полноценного описания пути развития человека с использованием графа $DACG(sp)$.

Введем специальную матрицу весов $W(u, sp)$, задающую вес каждого ребра из $ESP(sp)$:

$$W(u, sp) = \{w_{i,j}\}_{i=1,j=1}^{\|CSP(sp)\|}. \quad (10)$$

Данная матрица используется совместно с бинарным отношением $\preceq$. Сформируем взвешенный направленный ациклический граф $WDACG(sp)$:

$$WDACG(sp) = \langle CSP(sp), ESP(sp), W \rangle. \quad (11)$$

Пример данного графа $WDACG(sp)$ представлен на рисунке 3.

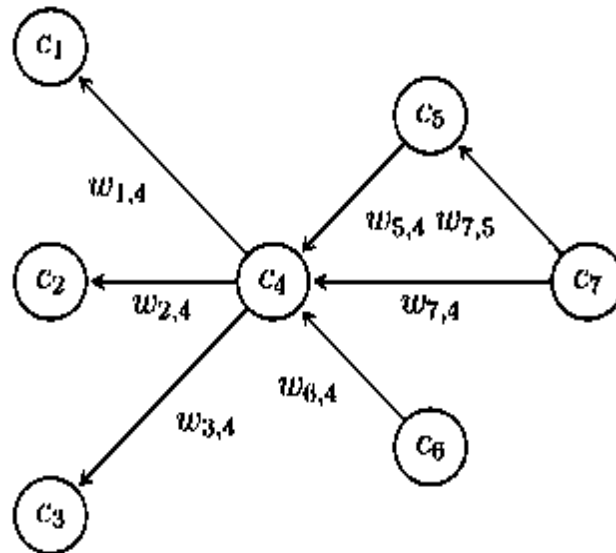


Рис. 3. Пример взвешенного графа дисциплин
Fig 3. An example of the weighted graph $WDACG$

Для дальнейшей формализации необходимо учитывать информацию о пользовательских компетенциях. Пусть задано множество всех пользователей интеллектуальной образовательной экосистемы U :

$$U = \{u_l\}_{l=1}^{\|U\|}. \quad (12)$$

Каждый пользователь может указать, какими навыками он уже обладает на данный момент, а также какими компетенциями он бы хотел обладать в дальнейшем.

Для выбранного пользователя u определим функцию $S_{start}(u)$, которая будет использоваться для получения множества уже обладаемых компетенций:

$$S_{start}(u): U \rightarrow S_{start}^u: S_{start}^u \subseteq S. \quad (13)$$

Также определим функцию $S_{target}(u)$, которая будет использоваться для получения множества желаемых компетенций:

$$S_{target}(u): U \rightarrow S_{target}^u: S_{target}^u \subseteq S. \quad (14)$$

Введем дополнительные обозначения $S_{start}(u, sp)$ и $S_{target}(u, sp)$ для ограничения множеств уже полученных и целевых навыков только теми компетенциями, которые релевантны выбранному направлению подготовки sp :

$$\begin{aligned} S_{start}(u, sp) &= \{s \in S_{start}(u) \mid s \in SSP(sp)\}, \\ S_{target}(u, sp) &= \{s \in S_{target}(u) \mid s \in SSP(sp)\}. \end{aligned}$$

На основании данных обозначений и определений (13, 14) сформируем (15) множество целевых дисциплин $C_{target}(u, sp)$, т. е. таких курсов, которые позволят пользователю u сформировать желаемые компетенции:

$$C_{target}(u, sp) = \{c \in CSP(sp) \mid SC(c) \subset S_{target}(u, sp)\}. \quad (15)$$

Пример множества целевых дисциплин показан на рисунке 4.

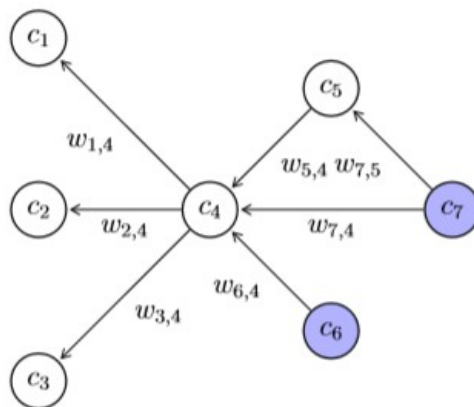


Рис. 4. Пример множества целевых дисциплин
Fig 4. An example of the target skills set

Сформируем множество уже нерелевантных для пользователя дисциплин $C_{start}(u, sp)$, т. е. таких курсов, которые развивают те компетенции, которыми пользователь u уже обладает на данный момент времени

$$C_{start}(u, sp) = \{c \in CSP(sp) \mid SC(c) \subset S_{start}(u, sp)\}. \quad (16)$$

Пример множества уже изученных дисциплин показан на рисунке 5.

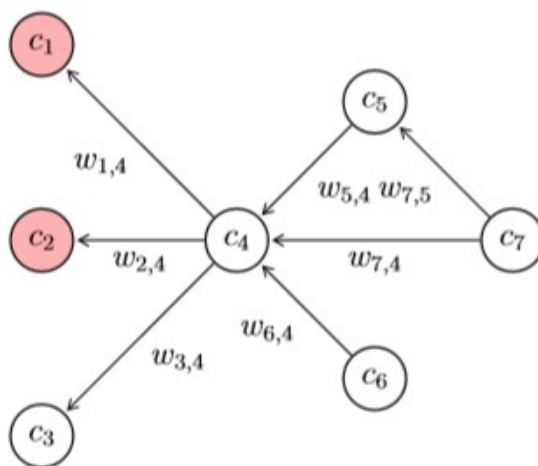


Рис. 5. Пример множества уже изученных дисциплин
Fig 5. An example of the achieved skills set

Так как задано бинарное отношение $\preceq$, определяющее взаимосвязь двух курсов, а также множества $C_{start}(u, sp)$ и $C_{target}(u, sp)$, мы можем сформировать множество промежуточных дисциплин $C_{path}(u, sp)$. Для этого необходимо выбрать такие дисциплины, объединение множеств компетенций которых включает в себя множество $S_{target}(u, sp)$, при этом

дисциплины требуются для изучения курсов из множества $C_{target}(u, sp)$, но при этом не принадлежат множеству $C_{start}(u, sp)$, а также не эквивалентны дисциплинам этого множества:

$$C_{path}(u, sp) = \{c \in CSP(sp) \mid S_{target}(u, sp) \subseteq USC(c), \\ \forall tc \in C_{target}(u, sp) \ tc \leq c, \forall sc \in C_{start}(u, sp) \ c \neq sc \vee c \leq sc\} \quad (17)$$

Множество возможных дисциплин для изучения показано на рисунке 6.

Для каждого конечного пользователя множества $C_{start}(u, sp)$, $C_{target}(u, sp)$, $C_{path}(u, sp)$ будут различными. Это дает возможность персонализировать порядок изучения дисциплин, чтобы он был оптимальным для обучающегося. Индивидуальные особенности учитываются в матрице весов $W(u, sp)$ (10), и могут быть настроены лицом, принимающим решение.

Для выбранного графа $WDACG(sp)$ и выбранного пользователя u получены начальные вершины $C_{start}(u, sp)$ и конечные вершины $C_{target}(u, sp)$.

Пусть $e_{i,j}$ – некоторое ребро графа $WDACG(sp)$, соединяющее c_i и c_j . Определим множество путей из множества начальных вершин $C_{start}(u, sp)$ в конечные $C_{target}(u, sp)$ в графе $WDACG(sp)$. Для этого зададим функцию $P(u, sp, C_{start}, C_{target})$:

$$P(u, sp, C_{start}, C_{target}) = (c_1, c_2, \dots, c_n), \ c_1 = C_{start}, \ c_n = C_{target}, \\ c_{start} \in C_{start}(u, sp), \ c_{target} \in C_{target}(u, sp), \\ c_i \in C_{path}(u, sp) \ i = 2 \dots n - 1 \quad (18)$$

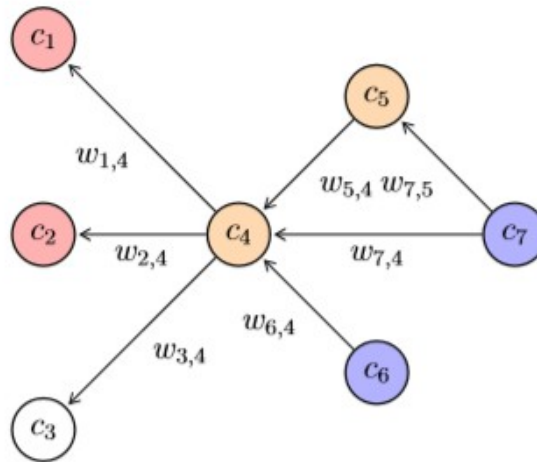


Рис. 6. Пример множества возможных дисциплин
Fig 6. An example of the possible skills set

Длина пути $len(P)$ на графе $WDACG(sp)$ для пользователя u определяет оптимальную последовательность дисциплин, необходимых для достижения целевых навыков $S_{target}(u, sp)$, например, оптимальную по времени изучения или наиболее подходящую в соответствии с познавательными способностями выбранного пользователя. Длина пути определяется выражением:

$$len(P) = \sum_{i=1}^{n-1} W_{i,i+1}, \ e_{i,j} \in P. \quad (19)$$

Кратчайшим путем из вершины c в вершину c' для графа $WDACG(sp)$ является такой путь P , длина пути которого минимальна [Евстигнеев, 1985]:

$$P^* = \arg \min_P len(P). \quad (20)$$

Определив множества начальных вершин, конечных вершин, можно определить множество всех кратчайших путей (20) из начальных вершин в конечные. Множество данных кратчайших путей и будет являться множеством индивидуальных образовательных траекторий $ILP(u, sp)$ (21):

$$ILP(u, sp) = \{P(u, sp, sc, tc) \mid P = \arg \min_p len(P)\}, \quad (21)$$

$$\forall sc \in C_{start}(u, sp), \forall tc \in C_{target}(u, sp).$$

Каждая индивидуальная образовательная траектория учитывает уже изученные дисциплины, целевые курсы и формирует оптимальную для каждого человека последовательность изучения дисциплин. Пример такой последовательности, рекомендуемой для изучения, показан на рисунке 7.

Таким образом, задача поиска оптимального пути изучения дисциплин сводится к задаче поиска кратчайших путей на взвешенном ациклическом ориентированном графе $WDACG(u, sp)$ между заданными множествами начальных и конечных вершин. Наиболее эффективно задачи нахождения кратчайших путей в графах можно решить при помощи алгоритмов Дейкстры, Беллмана-Форда и других [Левитин, 2006; Томас, 2006].

Можно сформировать алгоритм формирования образовательных траекторий для персонализации порядка изучения дисциплин:

1. Задать множества SP, S, C, U ;
2. Задать бинарное отношение $\preceq$, определяющее взаимосвязь дисциплин между собой;
3. Определить матрицу весов W , позволяющую управлять связями в графе $WDACG(sp)$;
4. На основе вышеуказанных множеств, матрицы W и отношения $\preceq$ сформировать граф $WDACG(sp)$ выбранного пользователя u и направления подготовки sp сформировать множества $C_{start}(u, sp)$ и $C_{target}(u, sp)$;
5. Определить соответствующий подграф $C_{path}(u, sp)$;
6. Вычислить множество $ILP(u, sp)$ при помощи алгоритмов поиска кратчайшего пути на графах.

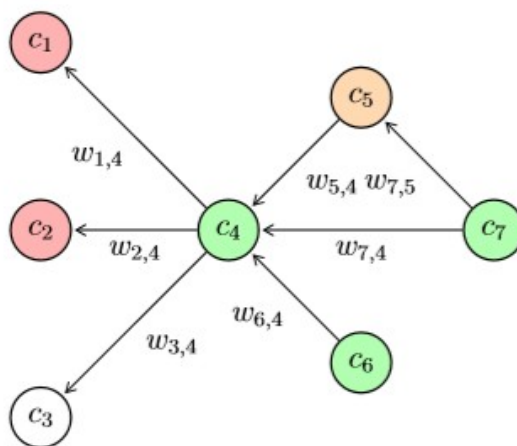


Рис. 7. Пример множества рекомендованных дисциплин

Fig 7. An example of the recommended skills set

В рамках дальнейших исследований предложенная математическая формализация данной концепции будет развиваться и дополняться. В частности, будут исследованы следующие вопросы:

1. Взаимосвязь не только дисциплин, но и компетенций в виде подобного ациклического ориентированного графа. Определение отношения $\preceq$ при помощи графа компетенций.
 2. Определение пользовательских метрик, влияющих на расчет матрицы $W(u, sp)$.
 3. Определение метрик компетенций, влияющих на расчет матрицы $W(u, sp)$.
- Определение влияния работодателей на данные метрики.

4. Определение метрик дисциплин, влияющих на расчет матрицы $W(u, sp)$.
5. Алгоритмы формирования матрицы $W(u, sp)$. Предполагается использование алгоритмов машинного обучения.
6. Исследование влияния времени на формирование графа $WDACG(u, sp)$
7. Исследование методов машинного обучения для построения рекомендаций и формирования матрицы $W(u, sp)$.



Рис. 8. Структура концепции индивидуальной образовательной экосистемы

Fig. 8. The structure of the concept of the individual education ecosystem

Одним из ключевых понятий в данной математической модели является матрица $W(u, sp)$. Предполагается, что данная матрица не будет задана статически, а будет изменяться в зависимости от различных динамических параметров. На каждом этапе веса в данной матрице будут пересчитываться с использованием методов машинного обучения и построения рекомендаций.

Заключение

Предложенная в рамках статьи концепция индивидуальной образовательной экосистемы позволит формировать такие персонализированные траектории обучения, которые будут соответствовать как запросам студента, так и запросам работодателей, а также позволят использовать максимально возможное число источников информации для развития компетенций студента.

В дальнейших работах планируется исследование архитектуры и математических методов построения модели ИОЭ, описание сбора данных для ее обучения, формирования метрик и оценочных функций, а также будет произведено экспериментальное исследование и сравнение различных методов машинного обучения для формирования наиболее эффективной реализации концепции индивидуальной образовательной экосистемы.

Список литературы

1. Алексеев В.Е., Таланов В.А. 2005. Графы. Модели вычислений. Структуры данных. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского гос. университета, 307 с.
2. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. 2013. Прогнозирование индивидуальной траектории обучения на основе модели обучаемого с нечёткими характеристиками в автоматизированных системах обучения. Вестник Ульяновского государственного технического университета. 4 (64): 58–61.



3. Беляев Р.В., Кравец О.Я. 2011. Автоматизация адаптивного управления траекториями обучения. Вестник ВГТУ. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-adaptivnogo-upravleniya-traektoriyami-obucheniya> (дата обращения: 30.11.2019).
4. Глушенко А.И. 2009. Разработка метода адаптивного управления обучением по индивидуальной образовательной траектории: автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 19 с.
5. Гримута А.В., Шевченко В.И. Обзор программных систем управления обучением, используемых высшими учебными заведениями. Сборник статей всероссийской студенческой научно-технической конференции «Мир компьютерных технологий». Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2019. С. 224–229. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41381634> (дата обращения: 20.02.2020)
6. Евстигнеев В.А. 1985. Применение теории графов в программировании. Под ред. А.П. Ершова. Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 352 с.
7. Козлова Е.С., Черкасов А.М., Макашова В.Н., Давлеткиреева Л.З. 2017. Проектирование функциональных возможностей курса системы дистанционного обучения высших школ с учетом индивидуальной траектории обучающихся. International Journal of Open Information Technologies, 50 (4): 78–84.
8. Кравец О.Я., Заславская О.Ю. 2012. Компетентностная парадигма построения индивидуальной образовательной траектории на основе обратной связи в системе управления обучением. Новый университет. 2 (11): 3–11.
9. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. 4-е изд., М.: Наука, 1972.
10. Левитин А.В. 2006. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. М.: Вильямс, 576 с.
11. Любченко В.В. 2011. Метод будування навчальної траєкторії в умовах мобільного навчання. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. 17:81–85.
12. Мащенко Е.Н., Шевченко В.И., Ченгарь О.В. 2017. Современные информационные технологии в дистанционном образовании. Сборник статей Всероссийской научно-технической конференции «Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании "ИНФОТЕХ – 2017"» Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», С. 116–119. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32238461> (дата обращения: 20.02.2020)
13. Серебровский В.В., Ткаченко А.В., Ткаченко А.И. 2013. Инновационные технологии в образовании: обучение по индивидуальной траектории. Известия Юго-Западного государственного университета. 1 (46): 26–31.
14. Солдаткин Е.В. 2013. Алгоритм формирования учебной программы на основе композиции нечетких множеств. Cloud of science. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-formirovaniya-uchebnoy-programmy-na-osnove-kompozitsii-nechetkih-mnozhestv> (дата обращения: 30.11.2019).
15. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. 2006. Алгоритмы: построение и анализ. Introduction to Algorithms. 2-е изд. М.: «Вильямс», С. 1296.
16. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174, свободный.
17. Chen C., Duh L. 2008. Personalized web-based tutoring system based on fuzzy item response theory. Expert Systems with Applications, 34(4), 2298–2315.
18. Chen C. 2008. Intelligent web-based learning system with personalized learning path guidance. Computers & Education, 51 (2), 787–814.
19. Hsu M. 2008. A personalized English learning recommender system for ESL students. Expert Systems with Applications, 34 (1), 683–688.
20. Lin C., Yeh Y., Hung Y., Chang R. 2013. Data mining for providing a personalized learning path in creativity: An application of decision trees. Computers & Education, 68, 199–210.
21. Thulasiraman K.; Swamy M.N.S. 1992, "5.7 Acyclic Directed Graphs", Graphs: Theory and Algorithms, John Wiley and Son, p. 118.

References

1. Alekseev V.E., Talanov V.A. 2005. Graphs. Computation Models. Data structures. Nizhny Novgorod: Publishing House of the Nizhny Novgorod State. University, 307 p. (in Russian)
2. Afanasyev A.N., Voight N.N. 2013. Prediction of an individual learning path based on a student model with fuzzy characteristics in automated learning systems. Vestnik of the Ulyanovsk State Technical University, 4 (64), 58–61. (in Russian)

3. Belyaev R.V., Kravets O.Ya. 2011. Automation of adaptive management of learning paths. Vestnik VSTU, No. 7. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-adaptivnogo-upravleniya-traektoriyami-obucheniya>. (in Russian)
4. Glushchenko A.I. 2009. Development of a method for adaptive learning management along an individual educational path: abstract of candidate dissertation. Moscow. (in Russian)
5. Grimuta A.V., Shevchenko V.I. 2019. Overview of the learning management software systems used by higher education universities. Collection of articles of the All-Russian Student Scientific and Technical Conference "World of Computer Technology". Sevastopol: Sevastopol State University, P. 224–229. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41381634> (Accessed: 02.20.2020). (in Russian)
6. Evstigneev V.A. 1985. Application of graph theory in programming. Ed. A.P. Ershov. Moscow: Science. The main edition of the physical and mathematical literature, 352 p. (in Russian)
7. Kozlova E.S., Cherkasov A.M., Makashova V.N., Davletkireeva L.Z. 2017. Designing the functional capabilities of the distance learning system's course of higher schools taking into account the individual trajectory of students. International Journal of Open Information Technologies, 5 (4): 78–84. (in Russian)
8. Kravets O.Ya., Zaslavskaya O.Yu. 2012. Competence paradigm for constructing an individual educational path based on feedback in a learning management system. New University, 2 (11): 3–11. (in Russian)
9. Lavrentiev M.A., Shabat B.V. 1972. Methods of the theory of functions of a complex variable. 4th ed. M.: Nauka, 1. (in Russian)
10. Levitin A.V. 2006. Algorithms. Introduction to the development and analysis. M.: Williams, 576 p. (in Russian)
11. Lyubchenko V.V., Shinkaryuk O.S. 2011. A method of constructing a learning path in the conditions of mobile learning. Vestnik of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute": collection of scientific papers. Thematic Issue: Informatics and Modeling, 17: 81–85. (in Russian)
12. Mashchenko E.N., Shevchenko V.I., Chengar O.V. 2017. Modern information technologies in distance education. Collection of articles of the All-Russian Scientific and Technical Conference "Information Technologies and Information Security in Science, Technology and Education "INFOTECH – 2017". Sevastopol: Sevastopol State University, P. 116–119. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32238461> (Accessed: 02.20.2020). (in Russian)
13. Serebrovsky V.V., Tkachenko A.V., Tkachenko A.I. 2013. Innovative technologies in education: training using an individual path. Proceedings of the Southwestern State University, 1 (46): 26–31. (in Russian)
14. Soldatkin E.V. 2013. The algorithm for the formation of the curriculum based on the composition of fuzzy sets. Cloud of science, No. 3. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-formirovaniya-uchebnoy-programmy-na-osnove-kompozitsii-nechetkih-mnozhestv>. (in Russian)
15. Thomas H. Cormen, Charles I. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. 2006. Algorithms: construction and analysis. Introduction to Algorithms. 2nd ed. M.: "Williams", p. 1296. (in Russian)
16. Federal Law of December 29, 2012 No. 273-ФЗ On Education in the Russian Federation. [Electronic resource]. Access mode: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174, free. (in Russian)
17. Chen C., Duh L. 2008. Personalized web-based tutoring system based on fuzzy item response theory. Expert Systems with Applications, 34 (4), 2298–2315.
18. Chen C. 2008. Intelligent web-based learning system with personalized learning path guidance. Computers & Education, 51 (2), 787–814.
19. Hsu M. 2008. A personalized English learning recommender system for ESL students. Expert Systems with Applications, 34 (1): 683–688.
20. Lin C., Yeh Y., Hung Y., Chang R. 2013. Data mining for providing a personalized learning path in creativity: An application of decision trees. Computers & Education, 68, 199–210.
21. Thulasiraman K., Swamy M.N.S. 1992. "5.7 Acyclic Directed Graphs", Graphs: Theory and Algorithms, John Wiley and Son, p. 118

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2020. Концептуальная модель интеллектуальной образовательной экосистемы. Экономика. Информатика. 47 (2): 390–401. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-390-401.

Obolensky D.M., Shevchenko V.I. 2020. A conceptual model of the intelligent educational ecosystem. Economics. Information technologies. 47 (2): 390–401 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-390-401.



УДК 004.6

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-402-411

**МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ МАЛОГО АГРОБИЗНЕСА
В РАМКАХ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА****MODEL OF INFORMATION NEEDS OF SMALL AGRIBUSINESS
IN THE FRAMEWORK OF A SINGLE INFORMATION SPACE****М.С. Кудашева****M.S. Kudasheva**

Пензенский государственный технологический университет,
Россия, 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11

Penza State Technological University,
Baidukov's passage/ Gagarin street, 1A/11, Penza, 440039, Russia

E-mail: msa@penzgtu.ru

Аннотация

Исследование информационных потребностей представителей малого агробизнеса и алгоритмов их удовлетворения является актуальной темой в условиях информатизации общества. Цель исследования – построить модель информационных потребностей малого агробизнеса, которая позволит создать концепцию единого информационного пространства для данного вида коллективных пользователей информации. В статье рассмотрены функциональные элементы модели информационных потребностей малого агробизнеса, приведена упрощенная схема движения информационных потоков. Алгоритм удовлетворения информационной потребности элементов модели представлен в виде функциональных моделей. Представленная модель является базой для развития теории информационных потребностей коллективных пользователей. Работа включает концепцию информационного комплекса малого агробизнеса, схему информационной поддержки единого информационного пространства малого агробизнеса, диаграмму Use Case. Разработка и функционирование информационного комплекса позволит обеспечить эффективность удовлетворения информационных потребностей малого агробизнеса за счет повышения доступности достоверной и актуальной информации для пользователей, а также возможности получения онлайн-консультации.

Abstract

Research of information needs of small agribusiness representatives and algorithms for their satisfaction is an urgent topic in the context of Informatization of society. The purpose of the study is to build a model of the information needs of small agribusiness, which will create a concept of a single information space for this type of collective information users. The article considers the functional elements of the model of information needs of small agribusiness, and provides a simplified diagram of information flows. The algorithm for satisfying the information needs of model elements is presented in the form of functional models. The presented model is the basis for the development of the theory of information needs of collective users. The work includes the concept of the small agribusiness information complex, the scheme of information support for the unified information space of small agribusiness, and the Use Case diagram. The development and functioning of the information complex will ensure the effectiveness of meeting the information needs of small agribusiness by increasing the availability of reliable and relevant information for users, as well as the possibility of obtaining online consultation.

Ключевые слова: информационная потребность, модель, алгоритм, элемент, функция, малый агробизнес, малая форма хозяйствования.

Keywords: information need, model, algorithm, element, function, small agribusiness, small form of management.

Введение

Информационная потребность – это потребность субъекта в информации. Возникает она в условиях ограниченности знаний о том или ином объекте, явлении в процессе деятельности субъекта [Соколов, 2013]. И сама по себе порождает новый вид деятельности – поиск путей удовлетворения информационной потребности. Субъектами информационной потребности могут выступать как отдельные потребители (например, физические лица), так и коллективные пользователи информации [Плешакова, Калюжная, 2017]. В условиях современного информационного общества вопрос удовлетворения информационных потребностей является актуальным и требует поиска новых подходов.

Процесс информатизации всех сфер экономики показал, что существуют группы пользователей информации, которые наиболее не подготовлены к вступлению в новую парадигму использования информации как ключевого ресурса бизнеса [Savinova et al., 2020]. Проведенное исследование позволило определить, что к такой группе коллективных пользователей информации можно отнести малый агробизнес, который включает крестьянские (фермерские) хозяйства, личные подсобные хозяйства, индивидуальных предпринимателей, сельскохозяйственные кооперативы. Роль малых форм хозяйствования в структуре производства сельскохозяйственной продукции занимает в среднем около 50 % [Лямин, 2016]. При этом основными барьерами полноправного участия малого агробизнеса в информационном обществе, даже при условии его гибкости, являются: трудности в формировании адекватных информационных запросов для поиска достоверной информации, выбор информационных ресурсов, трудности в установлении информационных коммуникаций с контрагентами (поставщиками, покупателями, органами государственной власти, обслуживающей инфраструктурой), низкий уровень специальных знаний по бухгалтерскому учету и юридическому сопровождению деятельности организации [Павлов и др., 2018].

Малый агробизнес выступает как субъектом возникновения информационных потребностей, так и активным участником поиска информационных ресурсов для их удовлетворения. В связи с чем, целью настоящего исследования является построение модели информационных потребностей малого агробизнеса, которая позволит создать концепцию единого информационного пространства для данного вида коллективных пользователей информации.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются информационные потребности малого агробизнеса как коллективных пользователей информации. Данный объект исследования в современной научной литературе представлен мало и поверхностно. Так в работе Лопатиной и Бекмансуровой [2014] рассматриваются больше недостатки в структуре и деятельности информационно-консультационных служб, и крайне мало говорится непосредственно о информационных потребностях представителей сельского хозяйства. Вопросы информатизации агробизнеса в научных исследованиях поднимаются чаще, однако они направлены больше на рассмотрение потребности с точки зрения обслуживающих структур агропромышленного комплекса [Кондратьева, 2017; Санду и др., 2017], создания и ведения отраслевых баз данных [Кондратьева и др., 2017], вопросов конкурентоспособности участников процесса [Федоров, 2018.]. В рамках поиска путей удовлетворения информационных потребностей малого агробизнеса нередко поднимаются темы развития технических систем информационно-консультационных служб – системы сбора информации, мониторинга производственного процесса, автоматизированной навигации [Eitzinger et al., 2019; Li et al., 2019; Plazas et al., 2019], интернета вещей [Khanna, Kaur, 2019; Popli et al., 2019] и сельскохозяйственного мобильного консалтинга [Zhimei et al., 2014; Flores et al., 2019]. В рамках настоящего исследования рассмотрим процесс удовлетворения информационных потребностей малого агробизнеса как системное явление.

2. Информационно-консультационные службы (ИКС) – это коммерческие и некоммерческие структуры, основным назначением которых является удовлетворение информационных потребностей малых форм хозяйствования. ИКС может существовать в форме информационно-консультационных потребительских кооперативов, центров развития малого агробизнеса, консалтинговых компаний и т. п. Функции элемента – оказание услуг по бизнес-планированию, бухгалтерскому аутсорсингу, юридической и правовой поддержке, информационно-консультационному обеспечению технологических процессов.

3. Государственные органы – органы государственной власти различного уровня, агентства развития предпринимательства, основное назначение которых – организация мер финансовой, организационной и информационной поддержки развития малого агробизнеса

4. Внешняя среда обслуживания – обеспечивающие и вспомогательные организации: ревизионный союз, страховые компании, гарантийные фонды, банки, кредитные кооперативы и иные финансовые организации, научные организации, учебные заведения среднего и высшего звена, методические центры и т. п. Функции элемента: проведение ревизий, обучающих семинаров, оказание юридической помощи, предоставление необходимых финансовых ресурсов в виде кредитов (займов), предоставление поручительства и микрозаймов через гарантийный фонд, исследование информационных потребностей агробизнеса, разработка методик их эффективного удовлетворения и методических материалов, обучение.

5. Рынок – рыночная среда, конъюнктура которой влияет на деятельность всей модели в целом.

Движение информационных потоков на схеме показано в упрощенном виде для отражения общей сущности модели. Информационные потоки, отраженные пунктиром, неустойчивы, так как встречают в своем продвижении барьеры (см. рис. 1). Продвижение информационных потоков по предложенной схеме позволит за счет доступа к полной, достоверной информации и возможности реализации логистического аутсорсинга повысить удовлетворенность информационных потребностей малого агробизнеса и устойчивость финансовых и информационных потоков, связывающих малые формы хозяйствования с другими элементами модели. Кроме того, сократятся затраты на доступ к информационным ресурсам, появится возможность сконцентрировать внимание руководителя агробизнеса на основной деятельности по производству сельхозпродукции, возрастет вероятность внедрения новых технологий и техники.

Поведение элементов модели можно описать с помощью алгоритма удовлетворения информационной потребности. Этот алгоритм позволит рассмотреть узлы управления процессом и применить их для моделирования ситуации в рамках модели. На рис. 2 представлена контекстная диаграмма алгоритма удовлетворения информационной потребности.

Алгоритм поведения малой формы хозяйствования при удовлетворении информационной потребности (представлен на рис. 3) включает:

1. Осознание информационной потребности. Формируется стимул к поиску информации и информационный запрос. На данном этапе необходимо рассматривать различные ситуации возникновения информационного интереса и классификация их вариантов. Для этого оптимально использовать формулу "5W+1H" [Jia et al., 2016; Menshchikov, Lepikhin, 2018].

2. Обращение за информацией к различным источникам. Подбор источников для удовлетворения информационной потребности.

3. Действия малой формы хозяйствования в случае не обнаружения информационного источника, удовлетворяющего информационному запросу.

Эффективное информационное сопровождение модели информационных потребностей будет обеспечено реализацией единого информационного пространства малого агробизнеса как поля для информационного взаимодействия элементов модели. Технически единое информационное пространство представляет собой веб-сайт, в контент которого требуется

включить следующие подразделы: законодательство и организационно-правовая поддержка; семинары, ярмарки, конференции; программные продукты и информационные комплексы; техника и технологии; обратная связь; форум малых форм хозяйствования. Также предлагается в качестве особого раздела включить мультимедийную базу данных, которая предназначена для хранения и доступа к информации о малых формах хозяйствования в виде текста, фото-, аудио- и видеоматериалов. Это даст возможность агробизнесу разместить рекламную информацию о своей деятельности (производимой продукции, оказываемых услугах, используемых технологиях и т. п.) с целью привлечения контрагентов к сотрудничеству.

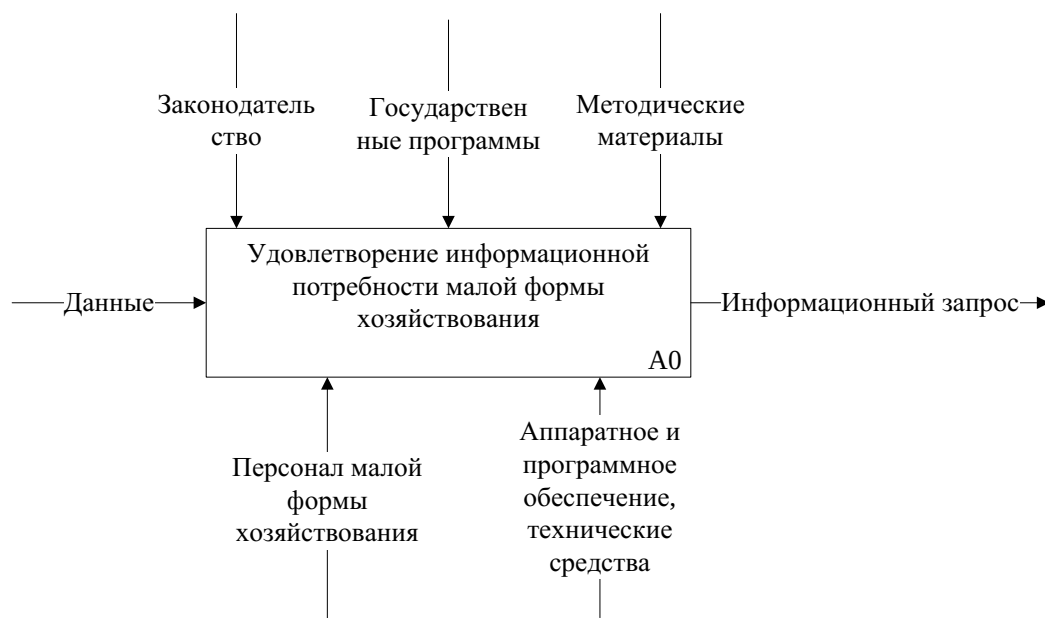


Рис. 2. Контекстная диаграмма модели
Fig. 2. Context diagram of the model



Рис. 3. Диаграмма первого уровня
Fig. 3. Diagram of the first level

Доступ к единому информационному пространству должен осуществляться бесплатно для малых форм хозяйствования на селе, органов власти, а так же всевозможных контрагентов, которые приобретают сельхозпродукцию или поставляют технику, оборудование, сопровождающие средства и материалы для сельскохозяйственных производственных площадок. При успешной работе данного комплекса возможно применение платного входа для контрагентов после создания на базе данного веб-сайта торговой площадки с целью самоокупаемости работы единого информационного пространства малого агробизнеса.

Реализация единого информационного пространства малого агробизнеса позволит повысить эффективность удовлетворения информационной потребности агробизнеса за счет решения вопроса доступности актуальной и достоверной информации. Схема информационной поддержки единого информационного пространства малого агробизнеса представлена на рис. 4.

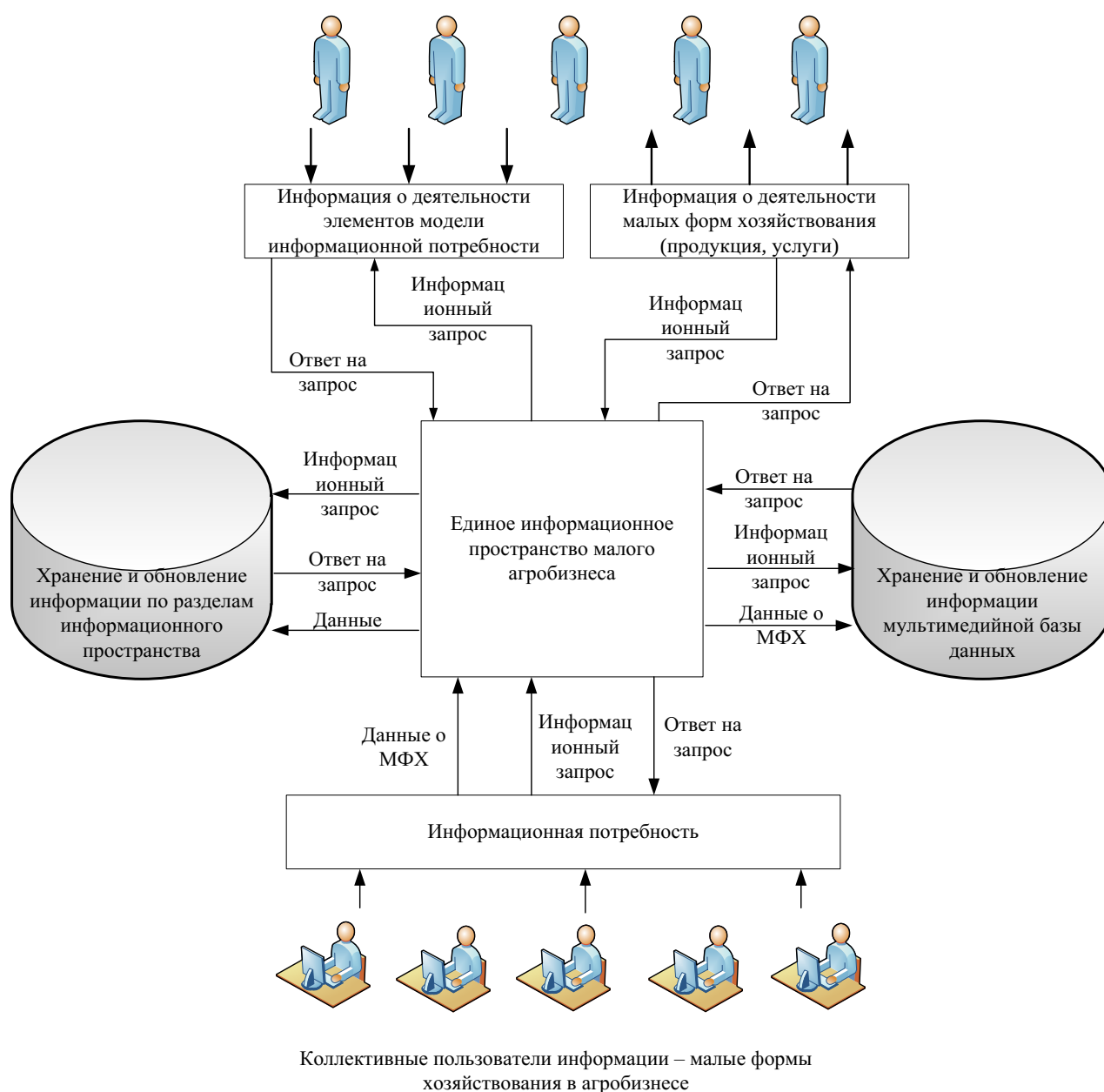


Рис. 4. Схема информационной поддержки единого информационного пространства малого агробизнеса

Fig. 4. Information support scheme for the unified information space for small agribusiness



Рассмотрим процесс удовлетворения информационной потребности с помощью обращения к единому информационному пространству: представитель малой формы хозяйствования при первом обращении к веб-сайту может зарегистрироваться или просмотреть основной информационный материал без регистрации. Регистрация пользователя информационного пространства открывает для него возможность внесения данных о своей организации в мультимедийную базу данных, осуществления диалога на форуме, просмотра данных раздела «Госзакупки», входа на электронную торговую площадку. Все остальные разделы информационного пространства доступны как зарегистрированным, так и не зарегистрированным пользователям. Представитель малой формы хозяйствования может просматривать информацию по каждому из разделов сайта, воспользоваться поиском по сайту, обратиться через обратную связь с просьбой о добавлении информации или конкретным вопросом в рамках своей информационной потребности. Преимуществом использования единого информационного пространства является структурированность информации, ее актуальность и доступность, возможность консультации со специалистом ИКС.

Основываясь на предыдущем анализе сформулируем функциональные требования к веб-сайту:

1. Сайт должен позволять просматривать информацию по всем разделам сайта, осуществлять поиск по информационному запросу пользователя, регистрироваться пользователю и добавлять информацию о малой форме хозяйствования в мультимедийную базу данных, создавать тему на форуме, писать сообщения на форуме.
2. Мультимедийная база данных должна предоставлять пользователю возможность заносить не только информацию стандартной анкеты (данные об организации, ее продукции и услугах), но и добавлять текстовые, аудио- и видеофайлы. Данная информация должна проверяться администратором сайта, прежде чем стать публичной.
3. Сайт предлагает два сценария просмотра информации: для зарегистрированных пользователей и для пользователей, не прошедших регистрацию.
4. В случае отсутствия требуемой для удовлетворения информационной потребности информации или в случае возникновения трудностей с ее поиском, должна быть предусмотрена возможность задать вопрос консультанту ИКС через форму обратной связи.
5. Консультант ИКС имеет возможность зайти на данный сайт по учетной записи консультанта. На странице своей учетной записи должен видеть список заданных вопросов через форму обратной связи и иметь возможность ответить на данные вопросы с прикреплением URL-адресов, фото, текстового документа.

Учитывая описанные функциональные требования, мы можем создать диаграмму вариантов использования (рис. 5).

Анализ интернет-порталов для представителей малого агробизнеса показал, что из наиболее известных можно перечислить следующие: ФЕРМЕР.РУ (<http://fermer.ru/>), Информационное агентство Светич. Сайт о сельском хозяйстве. ([http:// http://svetich.info/](http://svetich.info/)), Я-фермер.ru (<http://www.ya-fermer.ru>) и др. К недостаткам данных ресурсов можно отнести отсутствие полной информации по изменениям законодательной базы, мерам государственной поддержки малого агробизнеса, техническим и технологическим новинкам, не всегда есть возможность связаться со специалистом и получить консультацию. Набор представленных данных и функционал веб-сайтов не позволяет обеспечить взаимодействие элементов в рамках модели информационной потребности малого агробизнеса.

Заключение

Организация единого информационного пространства малого агробизнеса требует базы ее реализации. Предлагается для этого привлекать существующую структуру ИКС различного уровня, которая включает информационно-консультационные кооперативы, агентства по развитию предпринимательства в районах, аутсорсинговые компании.

Работу единого информационного пространства малого агробизнеса на первом этапе планируется ограничить на областном уровне. Развитие единого информационного

пространства предполагает создание таких сайтов с информацией в каждом регионе России. Это обусловлено наличием региональной специфики ведения сельского хозяйства.

Повышение эффективности удовлетворения информационных потребностей малого агробизнеса по средствам применения единого информационного пространства обусловлено факторами повышения доступности достоверной и актуальной информации для пользователей, возможности получения онлайн-консультации с консультантом ИКС. Реализация подобного проекта тормозится отсутствием ИКС, которая возьмет на себя выполнение работ по созданию и сопровождению веб-сайта.

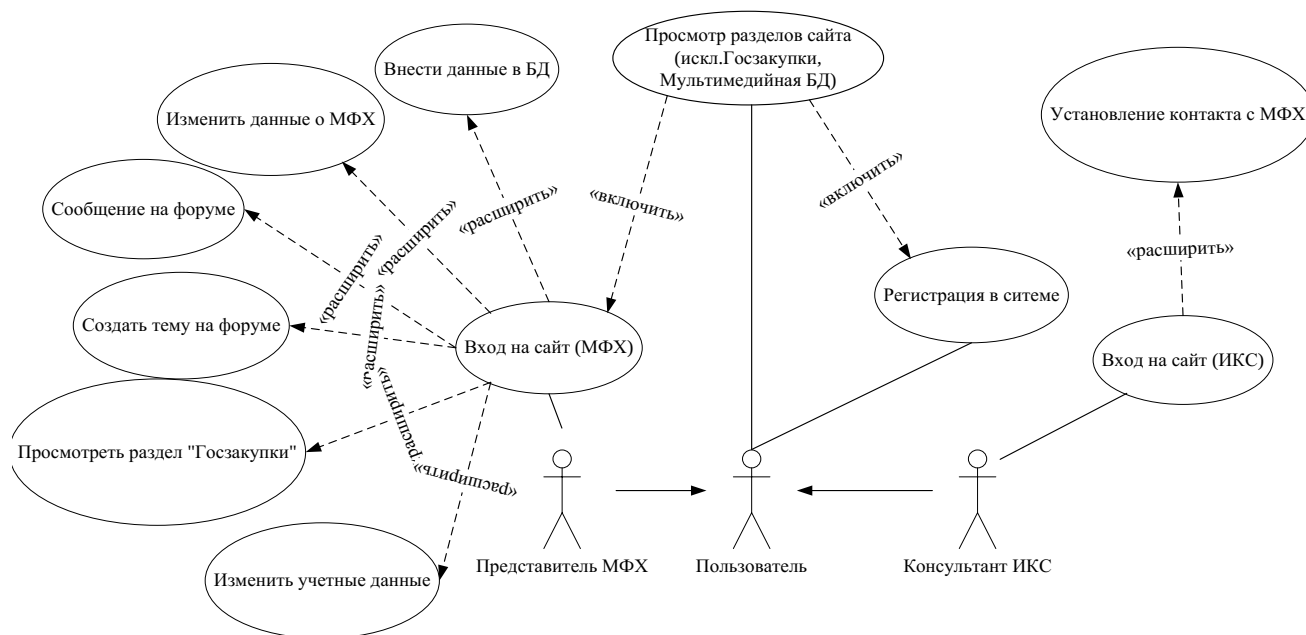


Рис. 5. Диаграмма Use Case
Fig. 5. Use Case Diagram

Список литературы

1. Кондратьева О.В. 2017. Анализ информационных потребностей и методы продвижения инновационных разработок в АПК. Техника и оборудование для села, 5: 39–41.
2. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Березенко Н.В., Слинько О.В. 2017. Совершенствование информационного обеспечения сельскохозяйственного производства на основе интеллектуальных информационных технологий. Синергия, 4: 68–77.
3. Лопатина С.А., Бекмансурова С.И. 2014. Выявление информационных потребностей сельскохозяйственных товаропроизводителей. Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии, 2 (39): 35–37.
4. Лямин Б.М. 2016. О роли малых форм хозяйствования в повышении устойчивости сельских территорий. Российский электронный научный журнал, 3 (21): 65–78.
5. Павлов А.Ю., Кудашева М.С., Кармышова Ю.В. 2018. Концепция интегрированной логистики как направление совершенствования информационного обеспечения деятельности сельскохозяйственных потребительских кооперативов. Российское предпринимательство, 19(2): 3863–3872.
6. Плешакова М.А., Калюжная Т.А. 2017. Обзор методов изучения информационных потребностей ученых и специалистов. Библиосфера, 3: 101–111.
7. Санду И.С., Савенко В.Г., Соколов К.О. 2017. Краудсорсинг как инструмент развития деятельности информационно-консультационных служб. Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики, 6: 78–80.
8. Соколов А.В. 2013. Что есть информационная потребность? Труды Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусств, 197: 7–18.
9. Федоров А.Д. 2018. Цифровизация сельского хозяйства – необходимое условие повышения его конкурентоспособности. Нивы России, 5 (160): 36–39.



10. Хмельницкая З.Б., Золотухин С.Ю. 2016. Информационно-консультационные услуги в сфере логистики как ресурс повышения эффективности АПК. Экономика и предпринимательство, 11–3 (76): 955–961.
11. Eitzinger A., Cock J., Atzmanstorfer K., Binder C.R., Läderach P., Bonilla-Findji O., Bartling M., Mwongera C., Zurita L., Jarvis A. 2019. GeoFarmer: A monitoring and feedback system for agricultural development projects. Computers and Electronics in Agriculture, 158: 109–121. DOI: 10.1016/j.compag.2019.01.049.
12. Flores H., Villalobos J. R., Ahumada O., Uchanski M., Meneses C., Sanchez O. 2019. Use of supply chain planning tools for efficiently placing small farmers into high-value, vegetable markets. Computers and Electronics in Agriculture, 157: 205–217. DOI: 10.1007/978-3-030-40749-0_16.
13. Jia C., Yu Y.T., Cai Y., Tse T.H. 2016. 5W+1H pattern: a perspective of systematic mapping studies and a case study on cloud software testing. Journal of Systems and Software, 116: 206–219. DOI: 10.1016/j.jss.2015.01.058.
14. Khanna A., Kaur S. 2019. Evolution of internet of things (IoT) and its significant impact in the field of precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 157: 218–231. DOI:10.1016/j.compag.2018.12.039.
15. Li S., Xu H., Ji Y., Cao R., Zhang M., Li H. 2019. Development of a following agricultural machinery automatic navigation system. Computers and Electronics in Agriculture, 158: 335–344.
16. Menshchikov M., Lepikhin T. 2018. 5W+1H static analysis report quality measure. Communications in Computer and Information Science, 779: 114–126. DOI: 10.1007/978-3-319-71734-0_10.
17. Plazas J.E., Bimonte S., De Sousa G., Corrales J.C. 2019. Data-centric UML profile for wireless sensors: Application to smart farming. International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems, 10 (2): 21–48. DOI:10.4018/ijaeis.2019040102.
18. Popli S., Jha R. K., Jain S. 2019. A survey on energy efficient narrowband internet of things (NB-IoT): Architecture, application and challenges. IEEE Access, 7: 16739–16776.
19. Savinova V.A., Zhegalova E.V., Semernina J.V., Kozlova A.S. 2020. Problems of the development of the digital economy at the regional level. Advances in Intelligent Systems and Computing, 908: 260–268. DOI:10.1007/978-3-030-11367-4_25.
20. Zhimei L., Changshou L., Junfeng Z. 2014. Research on the development and preliminary application of 12396 new rural sci-tech service hotline wechat public platform. Open Automation and Control Systems Journal, 6 (1): 839–843. DOI: 10.2174/1874444301406010839.

References

1. Kondratieva O.V. 2017. Analiz informatsionnykh potrebnostei i metody prodvizheniya innovatsionnykh razrabotok v APK [Analysis of Information Needs and Methods of Promotion of Innovation Developments in Agribusiness]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela, 5: 39–41.
2. Kondratyeva O.V., Fedorov A.D., Berezenko N.V., Slin'ko O.V. 2017. Enhancement of information support of agricultural production on the basis of intellectual information technologies. Sinergiya, 4: 68–77. (in Russian).
3. Lopatina S.A., Bekmansurova S.I. 2014. Vyyavlenie informatsionnykh potrebnostei sel'skokhozyaistvennykh tovaroproizvoditelei [Identification of information needs of agricultural producers]. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy, 2 (39): 35–37.
4. Lyamin B.M. 2016. Role of small farms in enhancing sustainable development of rural areas. Russian electronic scientific magazine, 3 (21): 65–78 (in Russian).
5. Pavlov A.Yu., Kudasheva M.S., Karmyshova Yu.V. The concept of integrated logistics as a direction of improvement of information support of agricultural consumer cooperatives. Russian journal of entrepreneurship, 19(2): 3863–3872 (in Russian).
6. Pleshakova M.A., Kalyuzhnaya T.A. 2017. Methods review to study information needs of scientists and specialists. BIBLIOSPHERE, 3: 101–111 (in Russian).
7. Sandu I.S., Savenko V.G., Sokolov K.O. 2017. Crowdsourcing as instrument of development of activity of information and consulting services. Fundamental and applied researches of the cooperative sector of the economy, 6: 78–80 (in Russian).
8. Sokolov A.V. 2013. Chto est' informatsionnaya potrebnost'? [What is the information need?]. Trudy Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstv, 197: 7–18.

9. Fedorov A.D. 2018. Tsifrovizatsiya sel'skogo khozyaistva – neobkhodimoe uslovie povysheniya ego konkurentosposobnosti [Digitalization of agriculture is a necessary condition for increasing its competitiveness]. *Nivy Rossii*, 5 (160): 36–39.
10. Khmel'nitskaya Z.B., Zolotukhin S.Yu. 2016. Information and consulting services in the field of logistics as a resource for increasing efficiency of agriculture. *Journal of Economy and entrepreneurship*, 11–3 (76): 955–961 (in Russian).
11. Eitzinger A., Cock J., Atzmanstorfer K., Binder C.R., Läderach P., Bonilla-Findji O., Bartling M., Mwongera C., Zurita L., Jarvis A. 2019. GeoFarmer: A monitoring and feedback system for agricultural development projects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158: 109–121. DOI: 10.1016/j.compag.2019.01.049.
12. Flores H., Villalobos J. R., Ahumada O., Uchanski M., Meneses C., Sanchez O. 2019. Use of supply chain planning tools for efficiently placing small farmers into high-value, vegetable markets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157: 205–217. DOI: 10.1007/978-3-030-40749-0_16.
13. Jia C., Yu Y.T., Cai Y., Tse T.H. 2016. 5W+1H pattern: a perspective of systematic mapping studies and a case study on cloud software testing. *Journal of Systems and Software*, 116: 206–219. DOI: 10.1016/j.jss.2015.01.058.
14. Khanna A., Kaur S. 2019. Evolution of internet of things (IoT) and its significant impact in the field of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157: 218–231. DOI:10.1016/j.compag.2018.12.039.
15. Li S., Xu H., Ji Y., Cao R., Zhang M., Li H. 2019. Development of a following agricultural machinery automatic navigation system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158: 335–344.
16. Menshchikov M., Lepikhin T. 2018. 5W+1H static analysis report quality measure. *Communications in Computer and Information Science*, 779: 114–126. DOI: 10.1007/978-3-319-71734-0_10.
17. Plazas J.E., Bimonte S., De Sousa G., Corrales J.C. 2019. Data-centric UML profile for wireless sensors: Application to smart farming. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 10 (2): 21–48. DOI:10.4018/ijaeis.2019040102.
18. Popli S., Jha R. K., Jain S. 2019. A survey on energy efficient narrowband internet of things (NB-IoT): Architecture, application and challenges. *IEEE Access*, 7: 16739–16776.
19. Savinova V.A., Zhegalova E.V., Semernina J.V., Kozlova A.S. 2020. Problems of the development of the digital economy at the regional level. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 908: 260–268. DOI:10.1007/978-3-030-11367-4_25.
20. Zhimei L., Changshou L., Junfeng Z. 2014. Research on the development and preliminary application of 12396 new rural sci-tech service hotline wechat public platform. *Open Automation and Control Systems Journal*, 6 (1): 839–843. DOI: 10.2174/1874444301406010839.

Ссылка для цитирования статьи For citation

Кудашева М.С. 2020. Модель информационных потребностей малого агробизнеса в рамках единого информационного пространства. *Экономика. Информатика*. 47 (2): 402–411. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-402-411.

Kudasheva M.S. 2020. Model of information needs of small agribusiness in the framework of a single information space. *Economics. Information technologies*. 47 (2): 402–411 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-402-411.

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

УДК 519.6

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-412-421

СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЕЙЛЯ – ГЕЙЗЕНБЕРГА

IMAGE COMPRESSION USING DISCRETE WEYL – HEISENBERG TRANSFORM

В.П. Волчков, В.М. Асирян**V.P. Volchkov, V.M. Asiryan**

Московский технический университет связи и информатики,
Россия, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8а
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
Россия, 119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4

Moscow Technical University of Communications and Informatics,
8a Aviamotornaya St., 111024, Moscow, Russia
National University of Science and Technology MISiS,
4 Leninsky prospekt, 119049, Moscow, Russia

E-mail: volchkovvalery@mail.ru, dmc5mod@yandex.ru

Аннотация

Предлагается новый подход к сжатию растровых изображений, основанный на использовании двухстороннего вещественного дискретного преобразования Вейля – Гейзенберга. Данное преобразование является ортогональным и строится на основе оптимального сигнального базиса Вейля – Гейзенберга, обладающего наилучшей частотно-временной локализацией. Указанные свойства обеспечиваются за счет выбора оптимальной функции формирования базисного эталона и наилучшего соотношения его параметров. Кроме того, для оценивания потенциальных возможностей использования дискретного преобразования Вейля – Гейзенберга (DWHT) в задачах сжатия были сформулированы основные критерии эффективности сжатия и проведено сравнение DWHT с другими известными ортогональными преобразованиями – дискретного косинусного преобразования (DCT) и дискретного преобразования Хартли (DHT). Экспериментально показано, что предложенный метод сжатия на основе DWHT обладает лучшими характеристиками по всем введенным критериям. Приводятся результаты сравнения трех методов сжатия в виде таблиц и восстановленных изображений.

Abstract

This article proposes a new approach to raster image compression, based on the use of the two-dimensional real discrete Weyl – Heisenberg transform (DWHT). This discrete transform is orthogonal and is based on the optimal Weyl – Heisenberg signal basis, which has the best time-frequency localization. The indicated properties are ensured by choosing the optimal forming function of the basis and the best ratio of its parameters. In addition, to assess the potential possibilities of using the discrete Weyl – Heisenberg transform in compression problems, the main criteria for compression efficiency were formulated and DWHT was compared with other well-known orthogonal transforms – discrete cosine transform (DCT) and discrete Hartley transform (DHT). It is experimentally shown that the proposed method based on discrete Weyl – Heisenberg transform has much better compression characteristics. The paper also presents the results of comparing three compression methods (DHT, DCT and DWHT) in the form of corresponding tables and figures of the restored images.

Ключевые слова: обработка изображений, сжатие, косинусное преобразование, преобразование Хартли, хорошая локализация, оптимальный базис.

Keywords: imaging, compression, cosine transform, Hartley transform, Weyl-Heisenberg transform, good localization, optimal basis.

Введение

В настоящее время важнейшую роль в цифровой обработке сигналов играют дискретные ортогональные преобразования, которые активно применяются в различных задачах цифровой фильтрации и спектрального анализа. Между тем математический аппарат дискретных ортогональных преобразований находит свое применение и в области сжатия данных для последующего экономичного хранения или передачи информации. Примером тому является дискретное косинусное преобразование (DCT) [Ахмед, Рао, 1980; Smith, 1999; Ahmed et al., 1974], получившее широкую популярность и послужившее основой для разработки таких алгоритмов сжатия информации, как JPEG, MPEG и др.

На сегодняшний день значительный технологический прогресс, достигнутый в разработке новых алгоритмов передачи и обработки информации, делает особенно актуальными исследования все более сложных методов получения частотных и частотно-временных характеристик сигналов. Синтез универсального базиса, который позволяет функционально разделять сигнал в частотно-временной области на определенные фрагменты, а затем внутри них анализировать спектральные особенности сигнала, представляет сложную задачу. Однако именно с помощью таких базисов можно учесть нестационарные особенности сигнала и получить большую эффективность сжатия.

Общей теории построения хорошо локализованных базисных систем и соответствующих спектральных разложений посвящены работы [Gabor, 1946; Wexler, Raz, 1990; Добеши, 2001; Volchkov, 2007]. Однако наиболее важными примерами таких систем являются базисы Вейля – Гейзенберга (WH-базисы) [Волчков, 2009; Volchkov, Petrov, 2009], получаемые путем равномерных сдвигов по времени и частоте одной или целого семейства сдвинутых по фазе функций, а также похожие на них по структуре фрейм-системы [Volchkov, Sannikov, 2018; Volchkov et al., 2019]. В данных работах показано, что базис Вейля – Гейзенберга, построенный на основе произвольного формирующего импульса, не будет оптимальным, поскольку частотно-временная локализация базисных функций может оказаться неприемлемой. Именно поэтому особый интерес в исследовании представляет базис Вейля – Гейзенберга, в основу которого положены оптимальные частотно-временные свойства гауссиана. Известно, что сдвиги по времени и частоте гауссовой функции приводят к базису Габора [Gabor D., 1946], но такой базис не является ортогональным, а построенные на его основе вычислительные алгоритмы спектрального разложения и обратного восстановления оказываются неустойчивыми и сложными в реализации [Волчков, 2009; Волчков, Петров, 2010]. В то же время в работах [Волчков, Асирян, 2017; Асирян, Волчков, 2018] описывается синтез вычислительно эффективных алгоритмов формирования ортогональных WH-базисов большой размерности, у которых базисные функции близки по локализации к гауссиану. Причем процедура синтеза и ее последующее применение ориентированы на обработку конечных дискретных реализаций сигнала.

Отметим, что классический метод синтеза дискретных базисов [Gabor, 1946; Добеши, 2001; Wexler, Raz, 1990] предполагает, что входные сигналы являются бесконечными последовательностями (вещественными или комплексными). Это диктует применение соответствующего аппарата Z-преобразований, сверток и разложений на бесконечном дискретном временном интервале. В результате полученная структура WH-базисов не может быть непосредственно использована для практической обработки конечных реализаций сигналов и изображений. Нужна их дополнительная модификация и доработка для перевода аналитического описания и соответствующих быстрых алгоритмов на конечный интервал.

В работах [Волчков, Петров, 2009; Волчков, Петров, 2010; Bolcskei et al., 1999] используется алгебраический подход к синтезу оптимальных сигнальных WH-базисов, который

изначально предполагает конечную длительность обрабатываемых сигналов. При этом используется алгебраический аппарат временных и спектральных преобразований на конечном интервале с групповыми операциями сложения и вычитания по модулю. Поэтому синтезированные на их основе базисные функции имеют циркулянтную структуру сдвигов по времени и частоте, согласованную с конечным интервалом обработки, и создаются предпосылки для построения эффективных вычислительных алгоритмов с использованием полифазных циркулянтных разложений и быстрых конечных спектральных преобразований. Таким образом, реализуется известный математический принцип – синтезировать оптимальные алгоритмы обработки следует в таких евклидовых пространствах, которые согласованы со структурой обрабатываемых сигналов.

В данной статье предлагается и исследуется новый подход к сжатию растровых изображений, основанный на применении дискретного ортогонального WH-базиса, специально оптимизированного под задачу обработки вещественных изображений. Для этого строится двухстороннее вещественное преобразование Вейля – Гейзенберга (DWHT), обладающее свойством ортогональности и наилучшей частотно-временной локализацией. Указанные свойства обеспечиваются за счет выбора оптимальной формирующей функции базиса и наилучшего соотношения его параметров. Для того чтобы оценить потенциальные возможности дискретного WH-преобразования в задаче сжатия изображения формулируются критерии эффективности сжатия, основанные на вычислении коэффициента сжатия, вычислении нормы разности исходного и сжатого изображений, а также их визуальном сравнении. В качестве альтернативы для сравнения по указанным критериям используются два других известных дискретных ортогональных преобразования: косинусное (DCT, [Ахмед, Rao, 1980; Smith, 1999; Ahmed et al., 1974]) и преобразование Хартли (DHT, [Hartley, 1942]).

Проведенное экспериментальное исследование показывает, что метод сжатия на основе дискретного WH-преобразования обладает более лучшими характеристиками по всем перечисленным показателям. Это объясняется тем, что используемое WH-преобразование, в отличие от DCT и DHT, задействует не только частотную, но и временную область и имеет хорошую частотно-временную локализацию. А значит WH-преобразование обеспечивает гораздо лучшую фрагментацию анализируемого изображения в спектральной области для последующего отсеивания несущественных спектральных компонент.

1. Дискретные ортогональные преобразования

Основная идея дискретных ортогональных преобразований заключается в изменении сигнала с целью придания ему другой формы, в которой он имеет, возможно, непривычный вид, но обладает полезными свойствами. Главной особенностью ортогональных преобразований являются их обратимость, вычислительная устойчивость и простота реализации. Это значит, что преобразованный сигнал, изменивший свою форму и вид, можно легко вернуть в первоначальное состояние [Асирян, Волчков, 2018; Асирян, Волчков, 2017].

Любое дискретное ортогональное преобразование является линейным и имеет матричное представление. При этом важнейшим свойством, которым должна обладать матрица преобразования, является свойство унитарности (или ортонормированности, если преобразование вещественное), которое записывается как

$$\mathbf{U}^* \mathbf{U} = \mathbf{U} \mathbf{U}^* = \mathbf{I}, \quad (1)$$

где $\mathbf{I}$ – единичная матрица, $\mathbf{U}$ – квадратная матрица преобразования, у которой по столбцам стоят дискретные ортонормированные базисные функции (векторы). Таким образом, любое дискретное ортогональное преобразование задается матрицей базисных векторов.

Одностороннее прямое и обратное ортогональные преобразования сигнального вектора вычисляются по формулам

$$\mathbf{b} = \mathbf{U}^* \mathbf{a}, \quad (2)$$

$$\tilde{\mathbf{a}} = \mathbf{U} \mathbf{b}, \quad (3)$$

где $\mathbf{a}$ – вектор-столбец элементов сигнала, $\mathbf{b}$ – вектор-столбец элементов спектра, $\tilde{\mathbf{a}}$ – вектор-столбец элементов восстановленного сигнала.

В свою очередь, формулы для двухсторонних прямого и обратного ортогональных преобразований матрицы изображения записываются в следующем виде

$$\mathbf{B} = \mathbf{U}^* \mathbf{A} \mathbf{U}, \quad (4)$$

$$\tilde{\mathbf{A}} = \mathbf{B} \mathbf{U} \mathbf{U}^*. \quad (5)$$

где $\mathbf{A}$ – матрица элементов изображения, $\mathbf{B}$ – матрица элементов спектра изображения, $\tilde{\mathbf{A}}$ – восстановленное изображение. В частности, $\tilde{\mathbf{A}} = \mathbf{A}$ при отсутствии дополнительных процедур сжатия и выполнении условия унитарности (1).

Одним из первых дискретных ортогональных преобразований, нашедших широкое применение в задачах обработки и фильтрации сигналов, является дискретное преобразование Фурье. Однако, как известно, дискретное преобразование Фурье нацелено на обработку комплексных последовательностей данных, в то время как на практике зачастую приходится работать с вещественными сигналами (например, растровыми изображениями).

В 1942 году Р. Хартли опубликовал интегральное преобразование, тесно связанное с комплексным преобразованием Фурье, но отображающее вещественные сигналы в вещественный спектр. В дальнейшем данное преобразование получило название в честь фамилии автора и стало называться преобразованием Хартли. В 1983 году Р. Брейсуэллом был представлен его дискретный вариант и один из алгоритмов его эффективной вычислительной реализации. В работе [Sunder et al., 2006] отмечаются перспективы применения дискретного преобразования Хартли для обработки изображений, в том числе и в области сжатия.

Матрица дискретного ортонормированного преобразования Хартли размерности $(N \times N)$ определяется так:

$$\mathbf{U}_{DHT}(k, l) = \frac{1}{\sqrt{N}} \text{cas}\left(\frac{2\pi k l}{N}\right),$$

$$k = 0, \dots, N-1, l = 0, \dots, N-1,$$

где $\text{cas}(t) = \cos(t) + \sin(t)$ – ядро Хартли.

Несложно заметить, что преобразование Хартли отличается от преобразования Фурье выбором ядра. Напомним, что для преобразования Фурье функция ядра записывается как

$$\exp(-jt) = \cos(t) - j \sin(t),$$

где j – мнимая единица.

Другим важным вещественным аналогом преобразования Фурье является дискретное косинусное преобразование, которое было представлено Н. Ахмедом в 1972 году [Ahmed et al., 1974] и, начиная с 1973 года, начало активно применяться в области сжатия изображений.

Матрица косинусного преобразования размерности $(N \times N)$ определяется согласно следующему выражению

$$\mathbf{U}_{DCT}(k, l) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}}, & \text{при } k = 0, \\ \sqrt{\frac{2}{N}} \cos\left(\frac{\pi(2l+1)k}{2N}\right), & \text{иначе.} \end{cases}$$

$$k = 0, \dots, N-1, l = 0, \dots, N-1.$$

Как было отмечено ранее, целью данного исследования является построение вещественного аналога комплексной матрицы преобразования Вейля – Гейзенберга и его применение в области сжатия изображений. Комплексная матрица ортогонального базиса Вейля-Гейзенберга размерности $(N \times N)$ определяется выражением [Volchkov, 2007; Volchkov, Petrov, 2009; Волчков, Асирян, 2017]:

$$\mathbf{U} = \text{Re}\{\mathbf{U}_R\} + j \text{Re}\{\mathbf{U}_I\}, \quad (6)$$

элементы которой вычисляются согласно выражениям

$$\begin{aligned} \mathbf{U}_R(n, lM + k) &= g[(n - lM)_N] e^{2\pi j \frac{k}{M}(n - \alpha/2)}, \\ \mathbf{U}_I(n, lM + k) &= jg[(n + \frac{M}{2} - lM)_N] e^{2\pi j \frac{k}{M}(n - \alpha/2)}, \\ n &= 0, \dots, N-1, \quad k = 0, \dots, M-1, \quad l = 0, \dots, L-1, \quad N = LM, \end{aligned}$$

где M – количество сдвигов по частоте, L – количество сдвигов по времени, α – фазовый параметр, $g(\cdot)$ – оптимизированная формирующая WH-функция размерности N . При этом матрица $\mathbf{U}$ является унитарной, т. е. удовлетворяет (1).

Следует отметить, что в задачах сжатия изображений мы имеем дело с вещественным двумерным сигналом, а это значит, что применение комплексной матрицы Вейля – Гейзенберга не является целесообразным. По аналогии с преобразованием Хартли [Hartley, 1942] мы можем построить вещественную версию матрицы (6), которая определяется выражением

$$\tilde{\mathbf{U}} = \text{Re}\{\mathbf{U}\} + \text{Im}\{\mathbf{U}\}. \quad (7)$$

Формула (7) может быть записана в эквивалентном виде

$$\tilde{\mathbf{U}} = \text{Re}\{\mathbf{U}_R\} + \text{Re}\{\mathbf{U}_I\}, \quad (8)$$

а соответствующие формулы преобразований для матрицы (8) будут аналогичны (2–5).

Чтобы оценить разницу между исходным изображением и восстановленным с помощью дискретного ортогонального преобразования, вычислим норму Фробениуса разности между матрицами исходного и восстановленного изображений:

$$E = \|\mathbf{A} - \tilde{\mathbf{A}}\|_F = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\mathbf{A}_{ij} - \tilde{\mathbf{A}}_{ij})^2}. \quad (9)$$

В дальнейшем формула (9) будет служить критерием качественных потерь, то есть главным не визуальным показателем отличия восстановленного изображения от исходного.

На рис. 1 представлены исходное монохромное квадратное изображение «lena.jpg» (512×512 пикселей) и его двухсторонние дискретные ортогональные преобразования (DHT, DCT и DWHT). В свою очередь в таблице 1 приведены результаты восстановления исходного изображения «lena.jpg» с использованием трех дискретных ортогональных преобразований (DHT, DCT и DWHT).

Очень малые ошибки восстановления в данном случае обусловлены только вычислительной погрешностью, поскольку сжатия нет, т. е. $\mathbf{A} = \tilde{\mathbf{A}}$.

2. Пороговое сжатие изображений

Сжатие данных по пороговому значению представляет собой процедуру обнуления всех тех значений преобразованного изображения, модуль которых меньше определенного значения порога T . Данный процесс представляет собой сжатие с потерями. Ниже представлен алгоритм сжатия данных вещественной матрицы $\mathbf{B} = (\mathbf{B}_{i,j})$ по пороговому значению T .

$$\tilde{\mathbf{B}}_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{при } |\mathbf{B}_{i,j}| < T, \\ \mathbf{B}_{i,j}, & \text{иначе.} \end{cases}$$

При оптимально выбранном пороге сжатия T потери будут незначительными, что позволит устранить лишнюю информацию, сохранив при этом целостность и качество восстанавливаемого изображения. Однако на практике не всегда удобно подбирать пороговое значение вручную, поэтому введем такую величину, как коэффициент сжатия K . Данная величина представляет собой отношение

$$K = N_Z / N_T \cdot 100\%,$$

где N_Z – количество обнуленных элементов спектра изображения в том или ином базисе, а N_T – общее количество анализируемых элементов этого спектра (для всех рассматриваемых преобразований $N_T = N^2$).

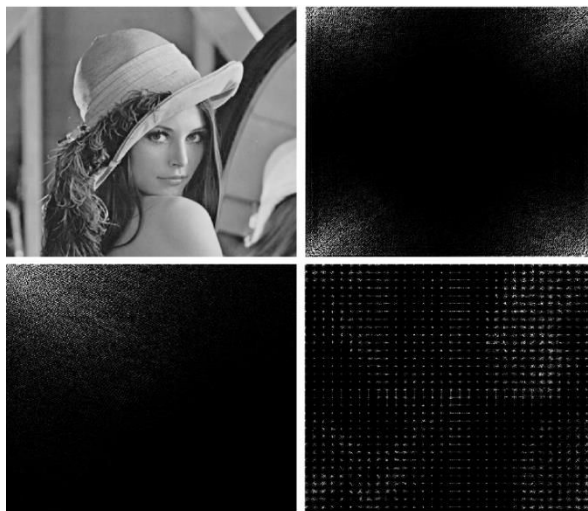


Рис. 1. Исходное изображение (слева сверху), DHT (справа сверху), DCT (слева снизу) и DWHT (справа снизу)

Fig. 1. Original image (top-left), DHT (top-right), DCT (bottom-left) and DWHT (bottom-right)

Таблица 1
Table 1

Результаты восстановления изображения
Results of image reconstruction

Преобразование	DHT	DCT	DWHT
Потери качества, E	2.2745e-11	2.6144e-09	2.2792e-09

После обнуления определенного количества элементов спектра, заданного коэффициентом сжатия K , восстановленное изображение становится моделью исходного изображения и уже $\mathbf{A} \neq \hat{\mathbf{A}}$. Кроме того, чем более корректно выбран базис, тем более качественно модель отображает исходное изображение при заданном количестве не обнуленных элементов спектра $P = N_T - N_Z$. При этом существует некоторое критическое значение $P = P_0$, называемое факторной размерностью изображения, ниже которого качество восстановления аномально падает. Соответствующие элементы редуцированного спектра можно рассматривать как базовые факторные параметры модели изображения для выбранного базиса. Эксперимент показал, что факторный размер модели изображения для DWHT метода равен $P_0 = 7865$, что соответствует коэффициенту сжатия $K = 97\%$.

Чтобы сравнить между собой представленные выше ортогональные преобразования по критерию качественных потерь (9) при восстановлении изображения, установим одинаковые значения коэффициента сжатия для всех трех преобразований

$$K = K_{DWHT} = K_{DCT} = K_{DHT}. \quad (10)$$

На рисунках 2–4 демонстрируются визуальные результаты сжатия одного и того же изображения «lena.jpg» с использованием трех дискретных ортогональных преобразований (DHT, DCT и DWHT) для трех фиксированных значений коэффициента сжатия ($K = 93\%$, 95% , 97%). Изображения обрезаны для визуального сравнения артефактов сжатия.



Рис. 2. Сжатое изображение с использованием DHT (слева), DCT (посередине), DWHT (справа) для $K = 93\%$

Fig. 2. Compressed image using DHT (left), DCT (middle), DWHT (right) for $K = 93\%$



Рис. 3. Сжатое изображение с использованием DHT (слева), DCT (посередине), DWHT (справа) для $K = 95\%$

Fig. 3. Compressed image using DHT (left), DCT (middle), DWHT (right) for $K = 95\%$



Рис. 4. Сжатое изображение с использованием DHT (слева), DCT (посередине), DWHT (справа) для $K = 97\%$

Fig. 4. Compressed image using DHT (left), DCT (middle), DWHT (right) for $K = 97\%$

В таблицах 2–4 приведены подробные численные результаты сжатия изображения «lena.jpg» для трех ортогональных преобразований, позволяющие количественно оценить и сравнить все три метода сжатия.

Таблица 2

Table 2

Сравнение методов сжатия (при $K = 93 \%$)
Comparison of image compression ($K = 93 \%$)

Преобразование	DHT	DCT	DWHT
Кол-во элементов, N_T	262144	262144	262144
Кол-во нулевых эл-в, N_Z	243793	243793	243793
Потери качества, E	528.0564	369.8089	243.9116

Таблица 3

Table 3

Сравнение методов сжатия (при $K = 95 \%$)
Comparison of image compression ($K = 95 \%$)

Преобразование	DHT	DCT	DWHT
Кол-во элементов, N_T	262144	262144	262144
Кол-во нулевых эл-в, N_Z	249036	249036	249036
Потери качества, E	626.6192	461.0988	332.5995

Таблица 4

Table 4

Сравнение методов сжатия (при $K = 97 \%$)
Comparison of image compression ($K = 97 \%$)

Преобразование	DHT	DCT	DWHT
Кол-во элементов, N_T	262144	262144	262144
Кол-во нулевых эл-в, N_Z	254279	254279	254279
Потери качества, E	831.1223	631.0928	496.8902

Сравнительный анализ визуальных и численных характеристик показывает, что наименьшие потери качества при сжатии изображения получаются именно в случае преобразования DWHT. Причем получаемый относительный выигрыш в процентном соотношении

$$\eta = 100\% \cdot (E - E_{DWHT}) / E_{DWHT}$$

оказывается весьма существенным и в случае $K = 97 \%$ (для DHT и DCT) составляет $\eta_{DHT} = 67.2$ и $\eta_{DCT} = 27.0$, соответственно (см. таблицу 4).

3. Заключение

По результатам исследований алгоритмов сжатия, представленных выше, можно заключить, что по сравнению с другими известными ортогональными преобразованиями (DCT, DHT) оптимальный базис Вейля – Гейзенберга при фиксированном коэффициенте сжатия демонстрирует наименьшие потери качества при восстановлении изображения.

Таким образом, использование оптимального базиса Вейля – Гейзенберга оказывается весьма эффективным инструментом в задаче сжатия изображений. Объясняется это тем, что изображение представляет собой нестационарный двухмерный случайный процесс, а преобразование Вейля – Гейзенберга позволяет более корректно учитывать эти нестационарные особенности, поскольку разбивает его в частотно-временной области на хорошо локализованные фрагменты для последующего эффективного отсеивания несущественных спектральных компонент и, как следствие, сжатия изображения.



Список литературы

1. Асирян В.М., Волчков В.П. 2017. Применение ортогонального преобразования Вейля – Гейзенберга для сжатия изображений. Телекоммуникации и информационные технологии. 4 (1): 50–56.
2. Асирян В.М., Волчков В.П. 2018. Вычислительно эффективная реализация прямого и обратного преобразований Вейля – Гейзенберга. Телекоммуникации и информационные технологии. 5 (1): 5–10.
3. Ахмед Н., Рао К.Р. 1980. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. Пер. с англ./Под ред. Фоменко И.Б., М.: Связь, 248. (Ahmed N, Rao K.R. 1975. Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 264).
4. Волчков В.П., Асирян В.М. 2017. Вычислительно эффективный алгоритм формирования оптимального базиса Вейля – Гейзенберга. Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. М., МИРЭА. Часть 4: 1151–1154.
5. Волчков В.П. 2009. Новые технологии передачи и обработки информации на основе хорошо локализованных сигнальных базисов. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 15 (70): 181–189.
6. Волчков В.П., Петров Д.А. 2009. Условия ортогональности обобщенных базисов Вейля – Гейзенберга для OFTDM сигналов. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 15 (70): 190–199.
7. Волчков В.П., Петров Д.А. 2009. Оптимизация ортогонального базиса Вейля – Гейзенберга для цифровых систем связи, использующих принцип OFDM/OQAM передачи. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 1 (56): 102–112.
8. Волчков В.П., Петров Д.А. 2010. Обобщенная теорема Найквиста для OFTDM сигналов. Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. М., Издательский дом Медиа паблшер. 1 (1): 28–32.
9. Добеши И. 2001. Десять лекций по вейвлетам. Ижевск: ПХД, 464. (Daubechies I., 1992. Ten Lectures on Wavelets. Philadelphia, Pa.: Society for Industrial and Applied Mathematics, 378).
10. Ahmed N. et al. 1974. Discrete Cosine Transform. IEEE Transactions on Computers. Vol. C-23, no. 1: 90–93.
11. Bolcskei H. et al. 1999. Efficient design of OFDM/OQAM pulse shaping filter. Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC 99). Vol. 1: 559–564.
12. Gabor D. 1946. Theory of communication. J. Inst. Elect. Eng. (London), vol. 93, no. 111: 429–457.
13. Hartley R.V. 1942. A More Symmetrical Fourier Analysis Applied to Transmission Problems. Proceedings of the IRE (March), 30 (3): 144–150.
14. Smith S.W. 1999. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. California Technical Publishing, 2nd ed.: 496–503.
15. Sunder R. et al. 2006. Medical image compression using 3-D Hartley transform. Computers in biology and medicine, Vol. 36: 958–973.
16. Volchkov V.P. 2007. Signal bases with good time-frequency localization. Electrosvyaz, no. 2: 21–25.
17. Volchkov V.P., Petrov D.A. 2009. Orthogonal Well-Localized Weyl-Heisenberg Basis Construction and Optimization for Multicarrier Digital Communication Systems. Proc. of ICUMT, St. Petersburg: Oct.
18. Volchkov V.P., Sannikov V.G. 2018. Algebraic approach to the optimal synthesis of real signal Weyl-Heisenberg bases. 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO 2018). Publ: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), POD Publ: Curran Associates, Inc. (Oct 2018): 135–142.
19. Volchkov V. et al., 2019. Synthesis of Real Weyl-Heisenberg Signal Frames with Desired Frequency-Time Localization., 2019 24th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), Moscow, Russia: 502–508.
20. Wexler J., Raz S. 1990. Discrete Gabor expansions. Signal Processing, vol. 21, no. 3: 207–220.

References

1. Asiryan V.M., Volchkov V.P. 2017. Application of the Weyl-Heisenberg orthogonal transform for image compression. Telekommunikacii i informacionnye tehnologii [Telecommunications and information technologies]. 4 (1): 50–56.

2. Asiryan V.M., Volchkov V.P. 2018. A computationally efficient implementation of the direct and inverse Weyl-Heisenberg transforms. *Telekommunikacii i informacionnye tehnologii* [Telecommunications and information technologies]. 5 (1): 5–10.
3. Ahmed N., Rao K.R. 1980. *Ortogonal'nye preobrazovaniya pri obrabotke cifrovyyh signalov*. Per. s angl./Pod red. Fomenko I.B., Moscow: Svjaz', 248. (Ahmed N, Rao K.R. 1975. *Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 264).
4. Volchkov V.P., Asiryan V.M. 2017. Computationally efficient algorithm of forming an optimal basis for the Weyl-Heisenberg. *Fundamental problems of electronic instrument engineering*. Moscow, MIREA. Part 4: 1151–1154.
5. Volchkov V.P. 2009. A new technology of transmitting and processing of information based on well-localized signal basis. *Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika*. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political Science Economics Information technologies]. 15(70): 181–189.
6. Volchkov V.P., Petrov D.A. 2009. Generalized Weyl-Heisenberg bases orthogonality conditions for OFTDM signals. *Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika*. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 15 (70): 190–199.
7. Volchkov V.P., Petrov D.A. 2009. Orthogonal Weyl-Heisenberg basis optimisation for digital communication systems based on OFDM/OQAM. *Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika*. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 1 (56): 102–112.
8. Volchkov V.P., Petrov D.A. 2010. The generalized Nyquist's theorem for OFTDM of signals. *Synchronization system, shaping and signal processing*. M., Publishing House Media Publisher. 1 (1): 28–32.
9. Daubechies I. 2001. *Desjat' lekcij po vejvletam*. Izhevsk: RHD, 464. (Daubechies I., 1992. *Ten Lectures on Wavelets*. Philadelphia, Pa.: Society for Industrial and Applied Mathematics, 378).
10. Ahmed N. et al., 1974. Discrete Cosine Transform. *IEEE Transactions on Computers*. Vol. C-23, no. 1: 90–93.
11. Bolcskei H. et al. 1999. Efficient design of OFDM/OQAM pulse shaping filter. *Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC 99)*. Vol. 1: 559–564.
12. Gabor D. 1946. Theory of communication. *J. Inst. Elect. Eng. (London)*, vol. 93, no. 111: 429–457.
13. Hartley R.V. 1942. A More Symmetrical Fourier Analysis Applied to Transmission Problems. *Proceedings of the IRE (March)*, 30 (3): 144–150.
14. Smith S.W. 1999. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. California Technical Publishing, 2nd ed.: 496–503.
15. Sunder R. et al. 2006. Medical image compression using 3-D Hartley transform. *Computers in biology and medicine*, Vol. 36: 958–973.
16. Volchkov V.P. 2007. Signal bases with good time-frequency localization. *Electrosvyaz*, no. 2: 21–25.
17. Volchkov V.P., Petrov D.A. 2009. Orthogonal Well-Localized Weyl-Heisenberg Basis Construction and Optimization for Multicarrier Digital Communication Systems. *Proc. of ICUMT*, St. Petersburg: Oct.
18. Volchkov V.P., Sannikov V.G. 2018. Algebraic approach to the optimal synthesis of real signal Weyl-Heisenberg bases. 2018 *Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO 2018)*. Publ: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), POD Publ: Curran Associates, Inc. (Oct 2018): 135–142.
19. Volchkov V. et al. 2019. Synthesis of Real Weyl-Heisenberg Signal Frames with Desired Frequency-Time Localization., 2019 24th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), Moscow, Russia: 502–508.
20. Wexler J., Raz S. 1990. Discrete Gabor expansions. *Signal Processing*, vol. 21, no. 3: 207–220.

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Волчков В.П., Асирян В.М. 2020. Сжатие изображений с использованием дискретного преобразования Вейля – Гейзенберга. *Экономика. Информатика*. 47 (2): 412–421. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-412-421.

Volchkov V.P., Asiryan V.M. 2020. Image compression using discrete Weyl – Heisenberg transform. *Economics. Information technologies*. 47 (2): 412–421 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-412-421.



УДК 621.39

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-422-431

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ
В МАЛОБАЗОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЕ****MODELS REPRESENTATION SIGNAL IN THE PROCESSING
OF INFORMATION IN SMALL BASIC POLARIZING MEASURING
SYSTEM****И.И. Олейник****I.I. Oleynik**

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

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

E-mail: oleinik_i@bsu.edu.ru

Аннотация

С развитием радиолокационной техники, в современных условиях, большую актуальность приобретают ММО системы. Основным принципом функционирования таких систем является возможность сканирования одного и того же объекта несколькими радиолокаторами, или несколькими радиолокационными позициями, отстоящими друг от друга на расстоянии. При этом обработка отраженных от объекта сигналов заключается не только в определении координат объектов, но и в использовании корреляционных связей между отраженными сигналами с целью получения дополнительных признаков для обнаружения и распознавания объектов. Варианты таких систем, имеющих поляризационные различия в излучаемых и принимаемых сигналах, на сегодняшний день еще недостаточно изучены. В статье рассмотрены структура и принципы функционирования малобазовой поляризационной измерительной системы. Получены математические выражения для описания излучаемых и принимаемых отраженных от объектов сигналов двумя разнесенными позициями, работающих на ортогональных поляризациях. Получены выражения, описывающие напряжения на выходе приемных каналов малобазовой поляризационной измерительной системы при полном поляризационном зондировании для формирования поляризационного вектора рассеяния объекта. Проведен анализ полученных выражений и определены параметры сигналов, влияющие на дальнейшую обработку.

Abstract

With the development of radar technology, in modern conditions, MIMO systems become more relevant. The main principle functioning of such systems is the ability to scan the same object with several radars, or several radar positions that are separated from each other at a distance. In this case, the processing of signals reflected from an object consists not only in determining the coordinates of objects, but also in using correlations between the reflected signals, in order to obtain additional features for detecting and recognizing objects. Variants of such systems, which have polarizing differences in the radiated and received signals, have not yet been sufficiently studied. The article considers the structure and principles of functioning of a small basic polarization measuring system. Mathematical expressions are obtained for describing the signals emitted and received reflected from objects by two separated positions operating on orthogonal polarizations. Expressions describing the voltage at the output of the receiving channels of a small basic polarization measuring system, with full polarization sensing, for the formation of a polarizing scattering vector of the object are obtained. The obtained expressions were analyzed and the signal parameters affecting further processing were determined.

Ключевые слова: поляризационная измерительная система, поляризационный вектор, малобазовая система, сигнал, амплитуда, приемный канал, фаза, антенна.

Keywords: polarizing measuring system, polarization vector, small basic system, signal, amplitude, receiving channel, phase, antenna.

Введение

На сегодняшний день вопросам обработки информации в многопозиционных радиолокационных измерительных системах уделяется большое внимание. В литературе они описываются как ММО системы [Черняк, 2011]. Однако принципы формирования, приема и обработки сигналов с поляризационными различиями в таких системах изучены недостаточно [Bliss et al., 2003]. Необходимы математические выражения для корректного описания сигналов с поляризационными различиями. Эти различия проявляются как при излучении сигналов, так и при их приеме. Причем особенно необходимо определить фазовые различия, которые будут проявляться при приеме сигналов. Это обусловлено тем, что образуется разность фаз между принимаемыми сигналами на различных позициях. Причем, чем больше отклонение диаграммы направленности антенны от нормали, тем больше образовывается набег фаз [Li et al., 2009].

Под малобазовой радиолокационной системой будем понимать двухпозиционную систему, для которой антенны обеих позиций находятся в пределах средней ширины лепестка диаграммы обратного рассеяния облучаемого объекта. Фронт падающей на антенны волны считается плоским.

В общем случае, возможны различные варианты построения мало базовых систем. Например, с одной передающей и двумя приемными позициями, или с одной передающей и одной приемной позицией. Существует еще ряд вариантов построения малобазовых систем (даже когда позиций более двух) [Черняк, 2011].

Ниже рассмотрен наиболее показательный и реально осуществимый вариант малобазовой поляризационной измерительной системы (МПИС).

Структура и принцип функционирования малобазовой поляризационной измерительной системы

МПИС состоит из двух аналогичных позиций. Одна позиция состоит из приемопередающего устройства и антенны. При этом антенна одной позиции может излучать и принимать сигналы одной линейной поляризации. Вторая позиция так же может излучать и принимать сигналы одной линейной поляризации, но ортогональные по поляризации первой позиции [Костин и др., 2011]. Например, это могут быть сигналы вертикальной и горизонтальной поляризации.

В качестве антенны может выступать активная антенная решетка (АФАР) с определенным сектором электронного сканирования диаграммой направленности (ДН) [Ширман, 1998]. При этом алгоритм сканирования должен обеспечивать излучение и прием сигналов с каждой позиции в одном и том же угловом направлении. Это позволяет одновременно принимать отраженный от одного и того же объекта сигнал на обе позиции.

Результатом функционирования такой малобазовой радиолокационной системы должно быть измерение поляризационной матрицы рассеяния (ПМР) или поляризационного вектора рассеяния (ПВР) объекта [Burdanova et al., 2019; Бурданова и др., 2008; Бурданова и др., 2008].

Для обеспечения измерения ПВР необходимо, чтобы были поочередно излучены сигналы с двух позиций. Прием отраженных сигналов необходимо проводить одновременно на обе позиции, для каждого излученного сигнала. В этом случае возможно сформировать ПВР облучаемого объекта [Burdanova et al., 2019; Бурданова и др., 2007]

$$\vec{U}(t, R) = (\dot{U}_{гв}(t, R) \ \dot{U}_{гг}(t, R) \ \dot{U}_{вг}(t, R) \ \dot{U}_{вв}(t, R)), \quad (1)$$

где: U – комплексные амплитуды на выходе приемных каналов, индекс $г$ обозначает горизонтальную поляризацию, индекс $в$ – вертикальную, первый индекс при U обозначает

излучаемую поляризацию, второй – принимаемую (например, $\dot{U}_{\text{вг}}(t, R)$ – был излучен сигнал на вертикальной поляризации, а принят на горизонтальной).

На рис. 1 приведена структура и принцип функционирования, описанной выше малобазовой системы.

Символами П1 и П2 обозначены первая и вторая позиция, соответственно. Символом O обозначен условный фазовый центр. R – расстояние от условного фазового центра до сканируемого объекта. Символами r_1 и r_2 обозначены расстояния от антенн до объекта для первой и второй позиции, соответственно. В общем случае направление на объект может не совпадать с перпендикуляром к условному фазовому центру и может составлять некий угол α . Расстояние Δr_1 будет равно разности расстояния R и r_1 , а Δr_2 соответствовать разности R и r_2 . Эти расстояния будут определять разности набега фаз отраженного сигнала относительно условного фазового центра, при приеме их на позиции 1 и 2. В общем случае, антенны обеих позиций могут иметь различные характеристики направленности (нормированные диаграммы направленности) $F_1(Q)$ и $F_2(Q)$ [Ширман, 2007]. Соответственно и коэффициенты усиления (КУ) антенн G_1 и G_2 будут отличаться [Бакулев, 2004]. База между позициями характеризуется расстоянием B . Таким образом, для малобазовой системы должно выполняться равенство $B \ll R$.

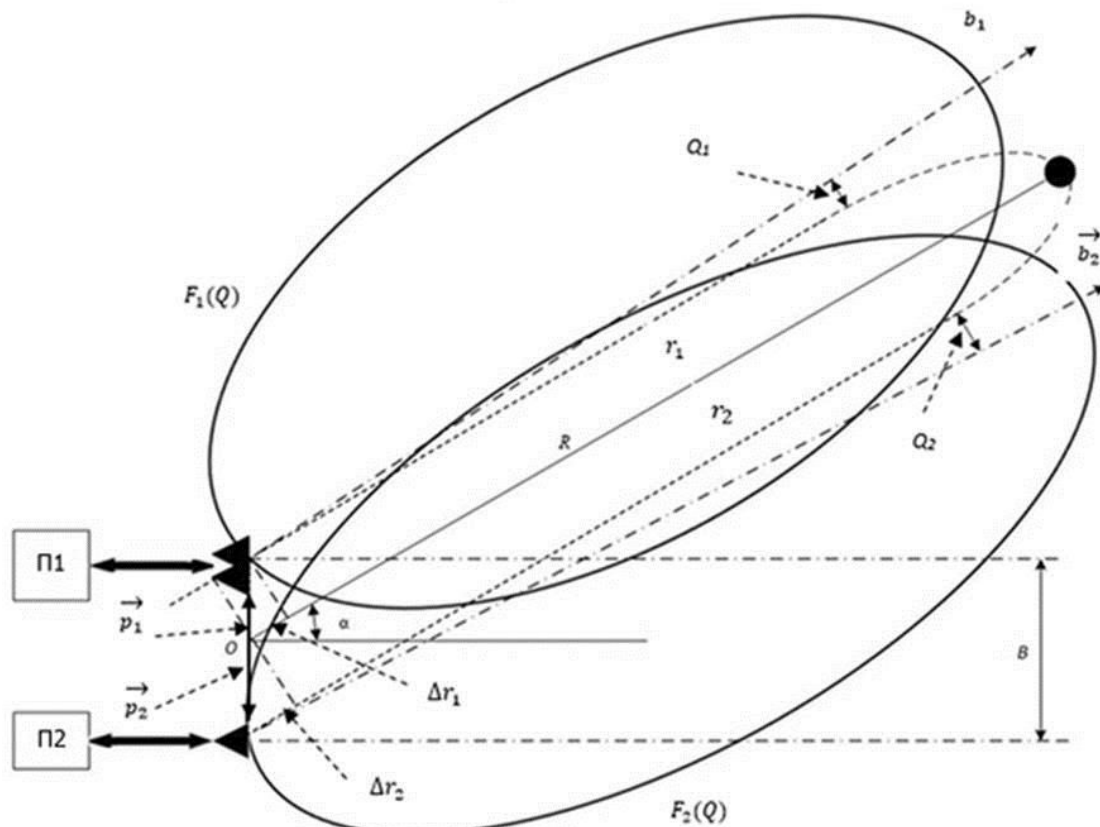


Рис. 1. Структура и принцип функционирования малобазовой поляризационной измерительной системы

Fig. 1. Structure and principle of operation of a small basic polarizing measuring system

Представления сигналов в малобазовой поляризационной измерительной системе

Рассмотрим принцип и математические описания сигналов при излучении и приеме.

Излученный сигнал с вертикальной поляризацией может быть записан как напряженность электромагнитного поля в виде [Канарейкин и др., 1966]

$$\vec{E}_B(t, R) = \sqrt{60P_{A_{\text{пер в}}} G_{A_{\text{пер в}}}(\vec{R})} \frac{1}{r_2} e^{-jkr_2} e^{j\Delta\varphi_{\text{пер в}}} \dot{T}_{\text{пер в}}(t) \vec{e}_B, \quad (2)$$

где: $P_{A_{\text{пер в}}}$ – мощность, излучаемая антенной передающего устройства; $G_{A_{\text{пер в}}}(\vec{R})$ – максимальный коэффициент усиления (КУ) антенны на передачу в направлении на объект; $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число [Киселев, 2005]; λ – длина волны; $\Delta\varphi_{\text{пер в}}$ – набег фазы в трактах передающего устройства; $\dot{T}_{\text{пер в}}(t)$ – вид сигнала (модуляция комплексной огибающей) [Канарейкин и др., 1968]; $\vec{e}_B$ – орт поляризации передающей антенны; r_2 – расстояние от антенны передающего устройства до объекта.

Отраженный от объекта сигнал имеет вид

$$\vec{E}_{B0}(t, R) = \sqrt{60P_{A_{\text{пер в}}} G_{A_{\text{пер в}}}(\vec{R})} \frac{1}{r_2} e^{-jkr_2} e^{j\Delta\varphi_{\text{пер в}}} \dot{T}_{\text{пер в}}(t) \begin{pmatrix} \sigma_{\text{ВВ}} \\ \sigma_{\text{ВГ}} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где: $\sigma_{\text{ВВ}}$ – эффективная поверхность рассеяния объекта на вертикальной поляризации, при облучении его сигналом вертикальной поляризации; $\sigma_{\text{ВГ}}$ – эффективная поверхность рассеяния объекта на горизонтальной поляризации при облучении его сигналом вертикальной поляризации [Киселев, 2005; Поздняк и др., 1974].

Напряжение на выходе приемного канала вертикальной поляризации (при излученной вертикальной поляризации) может быть представлено в виде [Киселев, 2005]

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{ВВ}}(t, R) \approx K_{\text{пр в}} \sqrt{G_{A_{\text{пр в}}}(\vec{R}) G_{A_{\text{пер в}}}(\vec{R}) P_{A_{\text{пер в}}}} \frac{1}{r_2 r_2} e^{-jk(r_2+r_2)} e^{j\Delta\varphi_{\text{пер в}}} e^{j\Delta\varphi_{\text{пр в}}} \times \\ \times \dot{T}_{\text{пер в}}(t) \sigma_{\text{ВВ}} + \dot{U}_{\text{шВ}}(t), \end{aligned} \quad (4)$$

где: r_2 – расстояние от объекта до антенны приемного устройства; $\dot{U}_{\text{шВ}}(t)$ – напряжение собственных шумов приемного канала вертикальной поляризации; $\Delta\varphi_{\text{пр в}}$ – набег фазы в трактах приемного канала вертикальной поляризации; $K_{\text{пр в}}$ – КУ приемного канала вертикальной поляризации; $G_{A_{\text{пр в}}}(R)$ – КУ приемной антенны вертикальной поляризации в направлении R .

Аналогично можем записать напряжение на выходе приемного канала горизонтальной поляризации (при излученной вертикальной)

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{ВГ}}(t, R) \approx K_{\text{пр г}} \sqrt{G_{A_{\text{пр г}}}(\vec{R}) G_{A_{\text{пер в}}}(\vec{R}) P_{A_{\text{пер в}}}} \frac{1}{r_1 r_2} e^{-jk(r_1+r_2)} e^{j\Delta\varphi_{\text{пер в}}} e^{j\Delta\varphi_{\text{пр г}}} \times \\ \times \dot{T}_{\text{пер в}}(t) \sigma_{\text{ВГ}} + \dot{U}_{\text{шГ}}(t), \end{aligned} \quad (5)$$

где: $\dot{U}_{\text{шГ}}(t)$ – напряжение собственных шумов приемного канала горизонтальной поляризации; $K_{\text{пр г}}$ – КУ приемного канала горизонтальной поляризации; $G_{A_{\text{пр г}}}(R)$ – КУ приемной антенны горизонтальной поляризации в направлении R ; $\Delta\varphi_{\text{пр г}}$ – набег фазы в трактах приемного канала горизонтальной поляризации.

Рассмотрим представления сигналов с другой поляризацией, при излучении другим пунктом (сигнала горизонтальной поляризации). Излученный сигнал горизонтальной поляризации можно записать в виде

$$\vec{E}_Г(t, R) = \sqrt{60P_{A_{\text{пер г}}} G_{A_{\text{пер г}}}(\vec{R})} \frac{1}{r_1} e^{-jkr_1} e^{j\Delta\varphi_{\text{пер г}}} \dot{T}_{\text{пер г}}(t) \vec{e}_Г, \quad (6)$$

где: $P_{A_{\text{пер г}}}$ – мощность, излучаемая антенной передающего устройства; $G_{A_{\text{пер г}}}(\vec{R})$ – максимальный коэффициент усиления (КУ) антенны на передачу в направлении на объект; $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число; λ – длина волны; $\Delta\varphi_{\text{пер г}}$ – набег фазы в трактах передающего

устройства; $\dot{T}_{\text{пер г}}(t)$ – вид сигнала (модуляция комплексной огибающей); $\vec{e}_r$ – орт поляризации передающей антенны; r_1 – расстояние от антенны передающего устройства до объекта.

Отраженный от объекта сигнал можно записать в виде [Канарейкин и др., 1966]

$$\vec{E}_{r0}(t, R) = \sqrt{60P_{A_{\text{пер г}}} G_{A_{\text{пер г}}}(\vec{R})} \frac{1}{r_1} e^{-jk r_1} e^{j\Delta\varphi_{\text{пер г}}} \dot{T}_{\text{пер г}}(t) \begin{pmatrix} \sigma_{\text{ГВ}} \\ \sigma_{\text{ГГ}} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где: $\sigma_{\text{ГВ}}$ – эффективная поверхность рассеяния объекта на вертикальной поляризации, при облучении его сигналом горизонтальной поляризации [Киселев, 2005];

$\sigma_{\text{ГГ}}$ – эффективная поверхность рассеяния объекта на горизонтальной поляризации, при облучении его сигналом горизонтальной поляризации;

Напряжение на выходе приемных каналов вертикальной поляризации (при излученной горизонтальной) [Киселев, 2005]

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{ГВ}}(t, R) \approx K_{\text{пр в}} \sqrt{G_{A_{\text{пр в}}}(\vec{R}) G_{A_{\text{пер г}}}(\vec{R}) P_{A_{\text{пер г}}}} \frac{1}{r_1 r_2} e^{-jk(r_1+r_2)} e^{j\Delta\varphi_{\text{пер г}}} e^{j\Delta\varphi_{\text{пр в}}} \times \\ \times \dot{T}_{\text{пер г}}(t) \sigma_{\text{ГВ}} + \dot{U}_{\text{шв}}(t), \end{aligned} \quad (8)$$

где: r_2 – расстояние от объекта до антенны приемного устройства; $\dot{U}_{\text{шв}}(t)$ – напряжение собственных шумов приемного канала вертикальной поляризации; $\Delta\varphi_{\text{пр в}}$ – набег фазы в трактах приемного канала вертикальной поляризации; $K_{\text{пр в}}$ – КУ приемного канала вертикальной поляризации; $G_{A_{\text{пр в}}}(R)$ – КУ приемной антенны вертикальной поляризации в направлении R .

Напряжение на выходе приемных каналов горизонтальной поляризации (при излученной горизонтальной) [Киселев, 2005; Козлов, 1979]

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{ГГ}}(t, R) \approx K_{\text{пр г}} \sqrt{G_{A_{\text{пр г}}}(\vec{R}) G_{A_{\text{пер г}}}(\vec{R}) P_{A_{\text{пер г}}}} \frac{1}{r_1 r_1} e^{-jk(r_1+r_1)} e^{j\Delta\varphi_{\text{пер г}}} e^{j\Delta\varphi_{\text{пр г}}} \times \\ \times \dot{T}_{\text{пер г}}(t) \sigma_{\text{ГГ}} + \dot{U}_{\text{шг}}(t), \end{aligned} \quad (9)$$

где: $\dot{U}_{\text{шг}}(t)$ – напряжение собственных шумов приемного канала горизонтальной поляризации [Олейник и др., 2006]; $K_{\text{пр г}}$ – КУ приемного канала горизонтальной поляризации; $G_{A_{\text{пр г}}}(R)$ – КУ приемной антенны горизонтальной поляризации в направлении объекта; $\Delta\varphi_{\text{пр г}}$ – набег фазы в трактах приемного канала горизонтальной поляризации.

Далее введем ряд упрощений и ограничений, обусловленных особенностями МПИС.

При учете амплитуд принимаемых сигналов можно внести допущение, что для расстояния выполняются условия $R \approx r_1 \approx r_2$. Это допущение оправдано тем, что для МПИС эти расстояния составляют километры, а база B – единицы метров. Следовательно, на амплитуду принимаемой волны разница в этих расстояниях не оказывает практически никакого влияния. Тогда для амплитудного множителя имеет место

$$\frac{1}{R^2} \approx \frac{1}{r_1^2} \approx \frac{1}{r_2^2} \approx \frac{1}{r_1 r_2}. \quad (10)$$

Для фазовых множителей картина принципиально иная. Общий набег фаз (начало фазы) относительно условного фазового центра O (рис. 1) можно представить в виде

$$\Psi = 2 \cdot k \cdot R, \quad (11)$$

где: $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число; λ – длина волны.

Множители $e^{-jk(r_1+r_2)}$ в выражениях (4),(5),(8),(9) преобразуются к виду

$$\exp(-j2kR) = \exp(-j\Psi). \quad (12)$$

Определим соотношения для расстояний (рис. 1).

$$r_1 = R - \Delta r_1, \Delta r_1 = \rho_1 \sin \alpha, r_2 = R + \Delta r_2, \Delta r_2 = \rho_2 \sin \alpha. \quad (13)$$

Следовательно

$$-k2r_1 = -k2R + k2\rho_1 \sin \alpha, \quad -k(r_1 + r_2) = -k2R - k \sin \alpha (\rho_2 - \rho_1), \quad (14)$$

где: $\vec{\rho}_1, \vec{\rho}_2$ – радиус-векторы положения антенн относительно условного фазового центра O .

Таким образом, набеги фаз для отраженных сигналов для антенн обеих позиций можно представить в виде

$$\Psi_{\Gamma} = -k \cdot 2\rho_1 \sin \alpha, \quad (15)$$

$$\Psi_{\Gamma B} = -k \cdot \sin \alpha \cdot (\rho_2 - \rho_1), \quad (16)$$

$$\Psi_{B\Gamma} = k \cdot \sin \alpha \cdot (\rho_2 - \rho_1), \quad (17)$$

$$\Psi_{BB} = k \cdot 2\rho_2 \sin \alpha. \quad (18)$$

В выражения (2–9) входят множители $\Delta\varphi_{\text{пер}\Gamma}, \Delta\varphi_{\text{пер}B}, \Delta\varphi_{\text{пр}\Gamma}, \Delta\varphi_{\text{пр}B}$, определяющие величину набега фаз в приемных и передающих каналах при функционировании системы. При обеспечении достаточно высокой синхронизации между пунктами (например, использование общего задающего генератора), эти величины могут быть учтены (или устранены) при настройке аппаратуры [Олейник и др., 2005; Олейник и др., 2007].

Исходя из выше сказанного можно ввести обозначения

$$Z_{\Gamma} = K_{\text{пр}\Gamma} \frac{1}{r_1^2} \sqrt{G_{A_{\text{пр}\Gamma}}(\vec{R}) \cdot G_{A_{\text{пер}\Gamma}}(\vec{R}) \cdot P_{A_{\text{пер}\Gamma}}}, \quad (19)$$

$$Z_{\Gamma B} = K_{\text{пр}B} \frac{1}{r_1 r_2} \sqrt{G_{A_{\text{пр}B}}(\vec{R}) \cdot G_{A_{\text{пер}\Gamma}}(\vec{R}) \cdot P_{A_{\text{пер}\Gamma}}}, \quad (20)$$

$$Z_{B\Gamma} = K_{\text{пр}\Gamma} \frac{1}{r_1 r_2} \sqrt{G_{A_{\text{пр}\Gamma}}(\vec{R}) \cdot G_{A_{\text{пер}B}}(\vec{R}) \cdot P_{A_{\text{пер}B}}}, \quad (21)$$

$$Z_{BB} = K_{\text{пр}B} \frac{1}{r_2^2} \sqrt{G_{A_{\text{пр}B}}(\vec{R}) \cdot G_{A_{\text{пер}B}}(\vec{R}) \cdot P_{A_{\text{пер}B}}}. \quad (22)$$

Кроме этого, на обеих позициях используются по одной антенне. Т. е. приемная и передающая антенны совмещены [Козлов, 2011]. Следовательно, можем ввести обозначения для коэффициента усиления антенн

$$G_{A_{\Gamma}} = G_{A_{\text{пр}\Gamma}} = G_{A_{\text{пер}\Gamma}}, \quad G_{A_B} = G_{A_{\text{пр}B}} = G_{A_{\text{пер}B}}. \quad (23)$$

При этом [Ширман, 2007]

$$G_{A_{\Gamma}} = G_{\max A_{\Gamma}} \cdot |F_1(Q)|^2, \quad G_{A_B} = G_{\max A_B} \cdot |F_2(Q)|^2, \quad (24)$$

где: $F_1(Q)$ и $F_2(Q)$ в общем случае комплексные нормированные диаграммы направленности (ДН) антенн первой и второй позиции соответственно.

Выражения (19–22) можно привести к виду

$$Z_{\Gamma\Gamma} = K_{\text{пр}\Gamma} \frac{1}{R^2} \sqrt{G_{A_\Gamma}^2(\vec{R}) \cdot P_{A_{\text{пер}\Gamma}}}, \quad Z_{\Gamma\text{В}} = K_{\text{пр}\text{В}} \frac{1}{R^2} \sqrt{G_{A_\text{В}}(\vec{R}) \cdot G_{A_\Gamma}(\vec{R}) \cdot P_{A_{\text{пер}\Gamma}}}, \quad (25)$$

$$Z_{\text{ВВ}} = K_{\text{пр}\text{В}} \frac{1}{R^2} \sqrt{G_{A_\text{В}}^2(\vec{R}) \cdot P_{A_{\text{пер}\text{В}}}}, \quad Z_{\text{В}\Gamma} = K_{\text{пр}\Gamma} \frac{1}{R^2} \sqrt{G_{A_\Gamma}(\vec{R}) \cdot G_{A_\text{В}}(\vec{R}) \cdot P_{A_{\text{пер}\text{В}}}}. \quad (26)$$

С учетом всех допущений и введенных обозначений напряжения на выходе приемных каналов (4,5,8,9) можно записать в виде

$$\dot{U}_{\Gamma\Gamma}(t, R) = Z_{\Gamma\Gamma} \exp(-j\Psi_{\Gamma\Gamma}) \dot{I}_{\text{пер}\Gamma}(t) \sigma_{\Gamma\Gamma} + \dot{U}_{\text{ш}\Gamma}(t), \quad (27)$$

$$\dot{U}_{\Gamma\text{В}}(t, R) = Z_{\Gamma\text{В}} \exp(-j\Psi_{\Gamma\text{В}}) \dot{I}_{\text{пер}\Gamma}(t) \sigma_{\Gamma\text{В}} + \dot{U}_{\text{ш}\text{В}}(t), \quad (28)$$

$$\dot{U}_{\text{В}\Gamma}(t, R) = Z_{\text{В}\Gamma} \exp(-j\Psi_{\text{В}\Gamma}) \dot{I}_{\text{пер}\text{В}}(t) \sigma_{\text{В}\Gamma} + \dot{U}_{\text{ш}\Gamma}(t), \quad (29)$$

$$\dot{U}_{\text{ВВ}}(t, R) = Z_{\text{ВВ}} \exp(-j\Psi_{\text{ВВ}}) \dot{I}_{\text{пер}\text{В}}(t) \sigma_{\text{ВВ}} + \dot{U}_{\text{ш}\text{В}}(t). \quad (30)$$

Для корректного излучения и приема сигнала множители, описывающие вид сигнала (модуляция комплексной огибающей), должны удовлетворять условиям

$$\dot{I}_{\text{пер}\text{В}}(t) = \dot{I}_{\text{пер}\Gamma}(t) = \dot{I}(t), \quad \dot{I}(t) \cdot \dot{I}^*(t - \tau) = \begin{cases} 1 & \text{при } \tau = 0 \\ < 1 & \text{при } \tau \neq 0 \end{cases} \quad (31)$$

Т. е. выражения (27–30) корректны при $\tau = 0$.

Анализ свойств сигналов в МПИС

Полученные выражения позволяют выявить некоторые характерные особенности сигналов при излучении и приеме.

Амплитуды отраженных сигналов (в данном случае имеется в виду энергетика) практически не зависят от структуры малобазовой системы. Это определяется тем, что при $B \ll R$ разницы расстояний (рис. 1) Δr_1 и Δr_2 несоизмеримо малы по сравнению с R и соответственно никакого существенного влияния на амплитуду сигналов влияния не оказывают.

Энергетические характеристики принимаемых сигналов будут, в основном, определяться ЭПР объекта на различных поляризациях (величины $\sigma_{\text{ВВ}}$, $\sigma_{\text{В}\Gamma}$, $\sigma_{\Gamma\text{В}}$, $\sigma_{\Gamma\Gamma}$), то есть непосредственно характеристиками объекта, при отражении от него зондирующих сигналов различных поляризаций.

Кроме этого, на энергетические характеристики сигналов будут оказывать влияние технические характеристики аппаратуры обеих позиций. Это коэффициенты усиления антенн, коэффициенты усиления приемных трактов, мощности излучаемых сигналов, уровень собственных шумов приемных трактов.

С фазовыми характеристиками ситуация обратная. Собственно Δr_1 и Δr_2 как раз и будут определять начальные фазы принимаемых сигналов на разных позициях. Кроме этого, проявляется зависимость начальных фаз от угла отклонения ДН антенн от нормали (угол α на рис. 1). Выражения (15–18) позволяют получить численные выражения для начальных фаз в зависимости от этих переменных и длины волны излучаемых сигналов. Чем меньше длина волны, тем больший сдвиг начальных фаз принимаемых сигналов.

В общем случае, используя полученную методику расчета фаз, фазовый центр системы можно привязать к любой условной точке в пределах базы B , включая центры антенн любой из двух позиций.

Заключение

Анализ структуры МПИС и полученные представления сигналов с поляризационными различиями позволяют сделать следующие выводы.

Для исключения влияния технических характеристик приемо-передающих трактов в МПИС необходимо создавать такие тракты как можно более идентичными. Если это требование не достижимо, то необходимо априорное знание этих технических характеристик для учета при совместной обработке информации. При этом возможно получение дополнительных признаков для обнаружения и распознавания сигналов, отраженных от объектов, обусловленных характеристиками самих объектов.

Для точного вычисления взаимных корреляций принимаемых сигналов необходима как можно более точная синхронизация между обеими позициями. Это исключит ошибки в определении разности фаз принимаемых сигналов на различные позиции МПИС. Фактически чем меньше длина волны, тем жестче требования к синхронизации.

Список литературы

1. Бакулев П.А. 2004. Радиолокационные системы: учебник для вузов. М. Радиотехника: 320.
2. Бурданова Е.В., Денисов А.П., Дикуль О.Д., Новоченко Ю.П., Олейник И.И. 2008. Использование статистических моделей для оценок характеристик радиолокационных систем с поляризационной обработкой информации при принятии решения о наличии объектов на фоне подстилающей поверхности. М. Вопросы радиоэлектроники. Серия: Радиолокационная техника, 2: 56–64.
3. Бурданова Е.В., Денисов А.П., Жиликов Е.Г., Олейник И.И., Синани А.И. 2008. Техническая реализация алгоритмов обнаружения целей на фоне помех в локационных системах с поляризационным зондированием. М. Вопросы радиоэлектроники. Серия: Электронная вычислительная техника, 2: 78–85.
4. Бурданова Е.В., Муромцев В.В., Олейник И.И., Храбростин Д.Б. 2007. Особенности разработки и реализации алгоритмов обработки и отображения информации в обзорной РЛС с полным поляризационным зондированием. Санкт-Петербург. Материалы XXIV Симпозиума: Радиолокационное исследование Природных сред, 6: 98–106.
5. Канарейкин Д.Б., Павлов Н.Ф., Потехин В.А. 1966. Поляризация радиолокационных сигналов. М. Сов. Радио: 440.
6. Канарейкин Д.Б., Потехин В.А., Шишкин И.Ф. Морская поляриметрия. 1968. Л. Судостроение: 328.
7. Киселев А.З. 2005. Теория радиолокационного обнаружения на основе использования векторов рассеяния целей. СПб. Наука: 295.
8. Козлов А.И. 1979. Свойства статистических параметров элементов матрицы рассеивания радиолокационных целей. Известия вузов. Серия Радиоэлектроника, 22 (1): 14–18.
9. Козлов Н.Н., Лучин А.А., Труфанов Е.Ю. Радиоинформационные системы. 2011. М. Знание: 656.
10. Костин И.Г., Жуков С.А., Копейкин В.В., Едемский Д.Е., Олейник И.И. 2011. Формирование вектора измеряемых параметров для оценки поляризационных различий сигналов в георадарных исследованиях. Белгород. Компьютерные науки и технологии: сборник трудов Второй Международной научно-технической конференции, 3–5 октября: 640–645.
11. Олейник И.И., Бурданова Е.В., Дикуль О.Д., Храбростин Б.В. 2006. Методы обработки информации в радиолокационных системах с различными поляриметрическими режимами работы, с целью увеличения их информативности. Санкт-Петербург. Сборник трудов II международной Научно-практической конференции: Исследование, разработка и применение Высоких технологий в промышленности, 4: 156–159.
12. Олейник И.И., Дикуль О.Д., Мартынчук А.А., Омельченко А.И., Храбростин Б.В., Храбростин Д.Б. 2005. Радиолокационный комплекс для измерения поляризационных векторов



рассеяния объектов. Жуковский. Сборник докладов XVIII научно-технической конференции ОАО «НИИ Приборостроения им. В.В. Тихомирова: 263–272.

13. Олейник И.И., Бурданова Е.В., Муромцев В.В. 2007. Особенности разработки и реализации алгоритмов обработки и отображения информации в обзорной РЛС с полным поляризационным зондированием. Санкт-Петербург. Материалы XXIV Симпозиума: Радиолокационное исследование Природных сред, Вып. 6: 245–251.

14. Поздняк С.И., Мелитицкий В.А. 1974. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн. М. Сов. Радио: 480.

15. Черняк В.С. 2011. О новых и старых идеях в радиолокации: ММО РЛС. Успехи современной радиоэлектроники, 2: 5–20.

16. Ширман Я.Д. 1998. Справочник по радиоэлектронным системам. М. МАКВИС: 422.

17. Ширман Я.Д. 2007. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория: справочник. М. Радиотехника: 512.

18. Bliss D.W., Forsythe K.W. 2003. Multiple-input multiple-output (MIMO) radar and imaging: Degrees of freedom and resolution. Records 37th Asilomar Conf. on Signals, Systems and Computers, Pacific Groove, CA, USA, 1: 54–59.

19. Burdanova E.V., Zhilyakov E.G., Mamatov A.V., Nemtsev A.N., Oleynik I.I. 2019. Decisive rule experimental studies to detect objects on the background of the earth surface using polarization differences of radar signals. COMPUSOFT. An International Journal of Advanced Computer Technology, 8 (6): 3166–3170.

20. Li J., Stoica P. 2009. MIMO radar signal processing. New Jersey: A John Wiley & sons inc.: 312.

References

1. Bakulev P.A. 2004. Radar system: textbook for universities. M. Radiotechnics: 320 (in Russian).
2. Burdanova E.V., Muromtsev V.V., Oleynik I.I., Hrabrostin D.B. 2007. Features of development and implementation of algorithms for processing and displaying information in the full polarization sensing radar. Saint-Petersburg. Materials of the symposium XXIV: Radar research of natural environments. Release 6: 98–106 (in Russian).
3. Burdanova E.V., Denisov A.P., Dikul O.D., Novochenko Y.P., Oleynik I.I. 2008. Use of statistical models to estimate the characteristics of polarized radar systems when deciding on the presence of objects against underlying surface. M. Radio electronics questions. Series: Radar equipment. release 2: 56–64 (in Russian).
4. Burdanova E.V., Denisov A.P., Zhilyakov E.G., Oleynik I.I., Sinani A.I. 2008. Technical implementation of algorithms for detection of targets against the background of interference in location systems with polarization probing. M. Radio electronics questions. Series: Electronic computer facilities. 2: 78–85 (in Russian).
5. Kanareykin D.B., Pavlov N.F., Potehin V.A. 1966. Polarization of radar signals. M. Soviet radio: 440 (in Russian).
6. Kanareykin D.B., Potehin V.A., Hsihsin I.F. Marine polarimetry. 1968. L. Shipbuilding: 328 (in Russian).
7. Kiselev A.Z. Theory of radar detection based on the use of target scattering vectors. 2005. SPB. The science: 295 (in Russian).
8. Kozlov A.I. 1979. Properties of statistical parameters of elements dispersion matrix of the radar target. Proceedings of the universities. Series: radio Electronics, t. 22(1): 14–18 (in Russian).
9. Kozlov N.N., Luchin A.A., Trufanov E.Y. 2011. Radio information systems. M. Knowledge: 656 (in Russian).
10. Kostin I.G., Zukov S.A., Kopeykin V.V., Edemskiy D.E., Oleynik I.I. 2011. Generation of vector of measured parameters for assessment of polarization differences of signals in georadar researches. Computer science and technology: compilation of works of the Second International Scientific and Technical Conference. 3–5 october. Belgorod: 640–645 (in Russian).
11. Oleynik I.I., Burdanova E.V., Dikul O.D., Hrabrostin B.V. 2006. Methods of information processing in radar systems with different polarimetric modes of operation, in order to increase their informativeness. Saint-Petersburg. Proceedings of the II international Scientific and practical conference: Research, development and application of High technologies in industry. 4: 156–159 (in Russian).
12. Oleynik I.I., Dikul O.D., Martunchuk A.A., Omelchenko A.I., Hrabrostin B.V., Hrabrostin D.B. 2005. Radar system for measuring the polarization of the scattering vectors of objects. city of Zhukovsky.

Collection of reports XVIII scientific and technical conferences OAO «NII Instrument making» Tihomirov V.V.: 263–272 (in Russian).

13. Oleynik I.I., Burdanova E.V., Muromtsev V.V. 2007. Features of development and implementation of algorithms for processing and displaying information in a survey radar with full polarizing sensing. Saint-Petersburg. Materials XXIV Symposium's: Radar research of Natural environments, 6: 245–251 (in Russian).

14. Pozdnyak S.I., Melitichkiy V.A. 1974. Introduction to the statistical theory of radio wave polarization. M. Soviet radio: 480 (in Russian).

15. Chernyk V.S. 2011. About new and old ideas in radar: MIMO RLS. Achievements of modern radio electronics, 2: 5–20 (in Russian).

16. Shirman Y.D. 1998. Electronic Systems Reference Book. M. МАКВИС: 422 (in Russian).

17. Shirman Y.D. 2007. Radio electronic systems: Fundamentals of construction and theory: guide. M. Radiotechnics: 512 (in Russian).

18. Bliss D.W., Forsythe K.W. 2003. Multiple-input multiple-output (MIMO) radar and imaging: Degrees of freedom and resolution. Records 37th Asilomar Conf. on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, CA, USA, 1: 54–59.

19. Burdanova E.V., Zhilyakov E.G., Mamatov A.V., Nemtsev A.N., Oleynik I.I. 2019. Decisive rule experimental studies to detect objects on the background of the earth surface using polarization differences of radar signals. COMPUSOFT. An International Journal of Advanced Computer Technology 8(6) 3166–3170.

20. Li J., Stoica P. 2009. MIMO radar signal processing. New Jersey: A John Wiley & sons inc.: 312.

Ссылка для цитирования статьи

For citation

Олейник И.И. 2020. Представление сигналов при обработке информации в малобазовой поляризационной измерительной системе. Экономика. Информатика. 47 (2): 422–431. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-422-431.

Oleynik I.I. 2020. Models representation signal in the processing of information in small basic polarizing measuring system. Economics. Information technologies. 47 (2): 422–431 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-422-431.



УДК 004.05

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-432-440

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ СОВРЕМЕННОГО КОРПОРАТИВНОГО WEB-РЕСУРСА

APPROACHES TO THE MODERN CORPORATE WEB RESOURCE DESIGN AND DEVELOPMENT

Ю.В. Гольчевский
Yu.V. Golchevskiy

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
Россия, 167001, Республика Коми, г. Сыктывкар, Октябрьский проспект, 55

Pitirim Sorokin Syktyvkar State University,
55 Oktyabrskiy pr., Syktyvkar, Komi Republic, 167001, Russian Federation

E-mail: yurag@syktsu.ru

Аннотация

Одной из характеристик современного мира в последние годы стало значительное увеличение числа web-ресурсов. Данная работа представляет основные направления развития в подходах к проектированию и разработке современного web-сайта. Основные векторы развития – понятность и простота, качественный информативный текст и грамотная текстовая верстка, ориентация на разработку сайтов, ориентированных на просмотр с мобильных устройств и внедрение элементов, основанных на самых современных технологиях, таких как видео, звук, 3D, VR. Основным подходом является ориентация на контент, стирание грани между пользователем и интерфейсом, создание органичной пользовательской среды.

Abstract

One of the current world feature in recent years has been a significant increase in the number of web resources. The paper represents the main directions of the modern websites design and development development. This study is based on the analysis of modern trends, the analysis of publications and scientific discussions on this topic, the methods of observation and comparison based on data obtained from many years of work experience Two main vectors of websites development are clarity and simplicity, high-quality informative text and competent text layout, focus on the using of websites design and development technologies for mobile devices and implementation of elements based on the advanced technologies, such as video, sound, 3D, VR. The main stream is to focus on content, erasing a boundary between the user and the interface, creating an organic user environment.

Ключевые слова: web-сайт, проектирование, тренды современного дизайна, мобильный Интернет, пользовательские интерфейсы, пользовательский опыт.

Keywords: website, design, trends of modern design, mobile Internet, user interface, user experience.

Введение

Web-сайт для бизнеса из атрибута престижа превратился в обыденную необходимость, в инструмент, помогающий налаживать коммуникации, продавать и решать множество других задач. Сложно представить какой-либо развивающийся бизнес, не представленный так или иначе в web-пространстве.

Производство интернет-сайтов поставлено на поток. Часто сайт из уникального, авторского творения превращается в типовой программный продукт, что особенно касается сайтов, создаваемых на базе систем управления контентом, где часто используются однотипные шаблоны дизайна. Это не всегда подходит бизнесу.

В последнее время приходится часто сталкиваться с ситуациями, когда компании, заказывающие разработку сайтов, просят проконсультировать, насколько современный, полезный продукт они получили, стоит ли соглашаться на те, или иные предложения web-студий, особенно, если это приводит к дополнительным затратам и т. п.

Чтобы сайт вызывал интерес, он должен быть в тренде современных взглядов на дизайн, технологических решений, пользовательских предпочтений и ожиданий. Существуют различные конкурсы интернет-проектов, топ-списки сайтов по разным тематикам. Ответы на вопросы, касающиеся рынка web-разработок и тенденций на нем, могут дать исследования на ресурсах [Терехов, 2019; Рейтинг Рунета, 2020; Cossa.ru, 2020]. Это определяет тему данной работы – представление современных подходов и трендов проектирования интернет-ресурсов и того, на что можно обратить внимание при разработке по-настоящему интересного, удобного, современного корпоративного ресурса. Данное исследование основано на анализе публикаций и дискуссий по данной тематике, использовании методов анализа и сравнения данных, полученных за многолетнюю практическую деятельность в данном секторе, при интервьюировании представителей компаний-заказчиков и web-студий.

Немного статистики

Во всем мире насчитывается более 4,5 миллиарда интернет-пользователей и 3,8 миллиарда пользователей социальных сетей. Одной из объективных тенденций современного мира является значительное увеличение числа существующих интернет-сайтов. Их число по данным на 2019 год превысило 1,9 миллиарда, что вдвое больше, чем в 2016 году. Количество доменных имен составляет порядка 360 миллионов. Свыше 80 % лучших сайтов Alexa были мобильными, а мобильный трафик обогнал трафик десктопов и сегодня его доля по разным исследованиям составляет от 50 до 60 % [Сергеева, 2020].

Чтобы далее лучше понять некоторые детали, приведем еще один факт. Аудитория пользователей Интернета в России по итогам 2018 года составляла около 90 миллионов человек, а в 2020 превысила 118 миллионов, а число пользователей социальных сетей – более 70 миллионов. При этом более половины населения России пользуются Интернетом хотя бы один раз в месяц через мобильные устройства, а более 32 миллионов россиян пользуются только мобильными устройствами. Более 60 % пользуются Интернетом на смартфонах. Снижается число пользователей, использующих для выхода в Интернет десктопные компьютеры и планшеты. Проводят в Сети от 1 до 3 часов по будням около половины российских интернет-пользователей [bizhit.ru, 2019; GFK.com, 2019].

Можно выделить два основных направления исследования – тренды технологий и дизайна и тренды, связанные собственно с разработкой web-ресурсов и отношением к ней со стороны заказчиков и разработчиков.

Современные подходы и тренды дизайна интернет-ресурсов

Как должен выглядеть современный сайт? Что главное – красота или информативность, простота и быстрая загрузка или насыщенность новыми технологическими решениями? На что нужно опираться при проектировании и разработке интернет-ресурсов? Ответ на эти вопросы ищут многие компании в процессе создания своего интернет-пространства и ученые-исследователи. Некоторые результаты подобных исследований можно найти в работах [Harrison et al., 2015; Grange, Barki, 2020]. Предлагаются разнообразные инструменты и метрики для оценки различных параметров сайтов, например, методы автоматического вычисления и количественной оценки эстетики web-страниц [Khani et al., 2016; Dou et al., 2019], инструменты тестирования элементов интерфейсов [Vanderdonckt et al., 2019], изучаются факторы, повышающие визуальную привлекательность, объективное и субъективное удобство использования web-сайта [Hamzi, Hajmoosaei, 2015; Stojmenovic et al., 2019], а также факторы и модели, влияющие на выбор и продвижение различного контента [Chong et al, 2019; Kim I., Pant G., 2019].



Одно из основных требований бизнеса – сайт должен продавать. Для этого он должен привлекать пользователей. Грамотный дизайн – один из важнейших способов привлечения и удержания пользователей на сайте. Он во многом обуславливается и диктуется технологическими аспектами, например, возможностями интернет-провайдеров, качеством каналов передачи данных, техническими возможностями и функционалом устройств, в том числе мобильных и т. п. Остановимся на некоторых аспектах современного web-дизайна.

1. «Плоский» дизайн. На протяжении последних лет разработчики создавали простые сайты для лучшего отображения на смартфонах и планшетах. Излишне насыщенные красивым, но достаточно объемным контентом ресурсы неудобны пользователям мобильных устройств. Рост мобильного трафика меняет отношение к web-сайту, выдвигая на передний план простые понятные решения. При этом минимализм в дизайне и фокусирование внимания на функциональности не делают дизайн скучным. Использование контрастных ярких цветов, простых картинок и пиктограмм дают отличный пользовательский интерфейс и считаются хорошим решением для того, что сейчас принято называть «пользовательским опытом» (UX), хорошо индексируются поисковыми машинами и работают на бизнес [Захарова, 2016; Руднева, 2019]. Ведь понятный сайт олицетворяет понятный бизнес.

Сам плоский дизайн также быстро развивается, приобретая объем, тени и другие «украшения», чему способствуют подходы, развиваемые гигантами современной IT-индустрии, например Google (<https://material.io/design/>). Развиваются технологии «ускоренных мобильных страниц» (<https://www.ampproject.org/>) и PWA для улучшения пользовательского опыта с мобильными устройствами, привлечения пользователей к дизайну [De Andrade Cardieri, Zaina, 2019] и при улучшении работы при медленном мобильном Интернете. В 2017 году Яндекс представил похожую технологию под названием «турбо-страницы» (<https://tech.yandex.ru/turbo/>). Суть их заключается в том, чтобы пользователям мобильных устройств контент показывается мгновенно и на эти технологии стоит обращать внимание при проектировании и создании сайтов. Google планирует сделать мобильный индекс основным.

2. Популярный сегодня «карточный» (или блочный) дизайн (более подробно – <http://wordyblend.com/карточный-дизайн>) может постепенно уступать место «чистому» дизайну (более подробно – <http://gidweb.ru/net-web-design-and-its-elements/>). Это обусловлено тем, что карточные интерфейсы кажутся похожими друг на друга. Кроме того, при блочной компоновке страницы существуют трудности с выстраиванием и отображением иерархических структур.

3. Применение нестандартных сеток, появившихся несколько лет назад, является одним из популярных сегодня приемов web-дизайна, но жизнеспособным в достаточно краткосрочной перспективе. Их появлению способствовало «привыкание» пользователей к «четкой» сетке и развитию «чистого» дизайна. Достаточно большое количество сайтов за последнее время построено на использовании принципа двух колонок [Amit S. Namboothiry, 2012] и воспринимается такой дизайн сейчас уже как стандартный. Этот принцип в ближайшее время не исчезнет, но сетка на сайтах делается нестандартной, «ломанной». Визуально такой прием выглядит интересно, но минус его применения – неудобство чтения.

4. Прогнозируется расширение значения анимации. Анимация не требует больших ресурсов при всей своей актуальности (привлекает внимание, отлично демонстрирует продукт или услугу, хорошо запоминается). Небольшие анимированные элементы, как правило, естественно вписываются в дизайн сайта и улучшают опыт взаимодействия с ним, делают страницы удобнее и понятнее [Cossa.ru, 2020].

Сейчас чаще появляются анимированные логотипы, которые представляют бренд лучше, чем традиционные статичные. Логотип – первое изображение, с которым контактирует клиент и здесь современным подходом является минималистичность и упрощение логотипов. Убираются сложные графические элементы, используются яркие цвета и градиенты, характерные для современного web-дизайна в целом, примеры можно найти на ресурсе [Friendly Design, 2020].

Активно анимация стала использоваться для представления товаров (особенно одежды и бытовой техники).

Набирает популярность использование микровзаимодействий – небольших анимаций, используемых на мобильных платформах для создания визуальных эффектов реагирования сайта на различные действия пользователя (добавление интерактивности и привлечение внимания), а также анимаций-движений [Руднева, 2019].

Прогнозируется переход интерфейсов в 3D-формат. Использование 3D в дизайне корпоративных ресурсов постепенно может набирать популярность и его влияние может стать достаточно заметным в ближайшие годы. Некоторые интересные идеи предлагаются по совмещению анимации и 3D-эффектов и использования видео, хотя грамотно сделанный 3D-эффект сам по себе вызывает интерес к сайту (например, <http://globekit.co/>).

5. Стоковые фотографии по-прежнему активно используются и будут популярны и далее, однако, один из заметных трендов, набирающий обороты с 2017 года – использование оригинальных фото, графики и эксклюзивных иллюстраций, выполненных специально под конкретный web-проект. По прогнозам, это направление продолжит развиваться и далее, так как владельцам сайтов важно добавить им уникальности, сделать запоминающимися, выделяющимися из общей линейки похожих продуктов [Cossa.ru, 2016a].

6. Общеизвестно, что шрифт уже сам по себе является весьма значимым графическим элементом. Начавшееся несколько лет назад использование шрифтов и больших надписей в качестве ключевых элементов дизайна сайта продолжает развиваться, что поддерживается растущей долей использования пользователями мобильных устройств. Оптимизация сайтов под мобильные экраны привела к тому, что шрифты стали крупнее, стали занимать главную часть страницы, вытесняя многие другие элементы. Шрифт как основной элемент графического дизайна органично смотрится на экранах смартфонов и привлекает к себе внимание, напрямую донося до пользователя сообщение. Полностью текстовые сайты конкурируют с крупными имиджевыми ресурсами, построенными на использовании изображений.

Шрифты становятся одним из основных графических элементов. Web-дизайнеры представляют оригинальные шрифтовые схемы, ориентированные на корпоративную тематику, формы и графику, примеры можно увидеть на ресурсе [Примеры | Infogra, 2020]. Также достаточно интересными могут быть приемы с нетрадиционным направлением текста.

7. Скроллинг-сайты порой не оправдывают ожидания пользователя, поэтому изменения в этой сфере продиктованы в первую очередь нуждами оптимизации пользовательского опыта [Friendly Design. 2020]. Скроллинг – это больше UX-решение, основанное на простых жестах на мобильных устройствах, что и определило во многом популярность скроллингового подхода. Однако пользователь, попадая на такую страницу, не всегда знает, что ему делать. Становится больше страниц, совмещающих элементы скроллинга и классическую навигацию.

8. Использование SVG-масок. Несложный с точки зрения разработки элемент дает огромное поле для фантазии web-дизайнерам и делает корпоративный сайт привлекательно выглядящим. Его можно использовать, например, при смене экранов, открытии картинок и т. п. Пример такого решения можно увидеть на ресурсе <http://richbrown.info>. Другие приемы, позволяющие сделать необычный переход от одного экрана к другому, также могут активно использоваться дизайнерами, чтобы привлекать пользователей на сайты.

9. Рост популярности решений на базе использования виртуальной, дополненной и смешанной реальности (VR & AR). Несколько лет назад появился первый сайт в VR и сейчас их становится больше. Создание подобных сайтов или web-приложений будет становиться проще. Это долгосрочная тенденция, то, что войдет в широкую моду не в ближайшие год или два [Денисов, 2020].

10. Тенденция на упрощение пользовательских интерфейсов вместе с ростом технологических возможностей приводят к тому, что появится полноценный голосовой интерфейс. Голосовой поиск сейчас становится одним из основных трендов на рынке поисковых запросов и скоро может стать доминирующим на рынке мобильных устройств. Большинство крупных IT-компаний (например, Google, Pinterest, Facebook, Apple) включают голосовой поиск

в свои устройства и программы. Наблюдающийся сейчас сдвиг в пользу мобильной коммерции во многом поддержан функцией голосового поиска. Прогнозируется, что к 2021 году бренды, реализовавшие в своих web-сайтах функционал визуального и голосового поиска, увеличат выручку в электронных каналах продаж на треть. Развитие голосового поиска даст преимущества, в первую очередь, в виде продаж через мобильные устройства, а также делает сайты доступными для большего числа пользователей, что позволяет повышать рейтинги в Google, Яндекс и других поисковых системах [Руднева, 2019]. В сравнении с 2018 годом инструменты голосового управления стали популярнее. Уже около 40 % пользователей Интернета используют голосовые команды или голосовой поиск каждый месяц.

Некоторые аспекты разработки корпоративных web-ресурсов

Российский малый и средний бизнес быстро приходит к осознанию того, что информация о компании в Интернет (сайты, представительства в социальных сетях, появление и новостных лентах) и интернет-реклама в различных ее проявлениях – это необходимость, диктуемая временем, и следует повышать свои компетенции в этой сфере.

Сейчас у бизнеса возникает больше ожиданий в помощи от web-студий и маркетинговых агентств в продвижении сайтов, в предложении и проведении различных рекламных и маркетинговых компаний. Здесь хотелось бы выделить несколько моментов.

1. По исследованиям, приведенным на ресурсе [Cossa.ru, 2016a], сайт, адаптированный под мобильные устройства, самостоятельно просят около 50 % клиентов web-студий. С другой стороны, более 25 % заказчиков не заказывают мобильную версию или адаптивный дизайн. Потенциальные клиенты могут не знать о динамике роста мобильного трафика или недооценивать ее важность. Web-разработчикам, заинтересованным в долгосрочном сотрудничестве, можно порекомендовать информировать своих клиентов о росте мобильной аудитории и о том, как такая тенденция сможет отразиться на бизнесе уже в скором будущем. Более половины клиентов ждут от web-студий советов, полезных предложений и других инициатив, а еще около 15 % нуждаются в подробных консультациях относительно оптимизации или улучшения собственных бизнес-процессов. Только примерно 18 % заказчиков не нуждаются в советах и ждут максимально точного выполнения своих пожеланий. Это распределение не зависит от бюджетов, географического расположения клиентов или типа заказываемых сайтов [Cossa.ru, 2016b].

По данным статистики, мобильные версии сайтов наиболее посещаемы, поэтому мобильный дизайн стал тенденцией. Все чаще возникают ситуации, когда дизайн сайта начинается именно с мобильной версии, а десктопная следует на втором месте.

2. Современные заказчики ожидают от web-студий гарантий высокого качества работы и предложения комплексных услуг. Для каждого пятого клиента этот фактор настолько важен, что они готовы сменить контрагента, если другой предложит получать комплексные услуги по разработке, продвижению, маркетингу и т. п. [Cossa.ru, 2016в]

3. Инструменты, обеспечивающие комфорт и надежность при удаленном общении с клиентами и работе над проектами, постоянно совершенствуются. Удаленная работа превращается из эксклюзива в обыденность, что доказывают события 2020 года в мире. Это увеличивает возможности для разработчиков программных продуктов. По данным, приведенным в [Cossa.ru, 2016б], половина всех web-разработок ведется удаленно. Региональным студиям есть смысл активнее привлекать клиентов из крупных городов России. Естественно, это коснется тех, кто готов предлагать высокое качество по невысоким ценам, например, использует 3D или реализует сложные функциональные проекты.

4. Говоря об интернет-рекламе и продвижении сайта, можно остановиться на нескольких интересных аспектах, отмеченных, например, в материалах исследований на ресурсах [Trends 2018; Adindex.ru., 2019; Rusability, 2020; Cossa.ru. 2020].

Ожидается рост интереса к публикации корпоративного аргументированного контента, особенно в статьях в блогах компаний, поворот к простому, понятному изложению фактов. Можно обратить внимание на то, что тексты становятся емкими, четкими, живыми, максимум

конкретики и индивидуальности. Это обеспечивает более высокую конверсию, доверие и уменьшит вероятность фильтрации поисковыми системами. Прогнозируется увеличение внимания компаний к процессу продвижения своих сайтов. Однако тут могут возникать некоторые сложности из-за совершенствования алгоритмов поисковых систем и роста конкуренции. SEO-ориентированная стратегия при производстве контента может дать бизнесу преимущества [Руднева, 2019].

Увеличение числа каналов для коммуникации с клиентами – все виды рекламы, сайт, мобильное приложение, социальные сети, чаты, мессенджеры и т. д. – требует разнообразить и улучшить контент, ориентируя его на целевых потребителей информации и потенциальных клиентов.

С приходом социальных сетей ошибки компании легко выносятся клиентами в публичное поле и реагирование на них становится хорошей практикой, позволяющей избегать проблем и стимулировать позитивное отношение к бренду. Компании должны уделять внимание своему имиджу в web.

Также социальные сети стали для нового поколения инструментом для поиска контента, например, информации о брендах, и покупок. 37 % западных пользователей подписаны на различные бренды в социальных сетях. Покупки с помощью социальных сетей (Social Commerce) модифицируют привычный сегодня подход к продажам. Во многих азиатских странах пользователи уже сегодня отдают предпочтение покупкам в социальных сетях, в то время как в западных странах предпочитают традиционных онлайн-ритейлеров, хотя и в них наблюдается рост сегмента Social Commerce [Trends 2018; Сергеева, 2020]. Значительный вклад в увеличение потребления вносит видеоконтент. Пользователи предпочитают получать информацию быстро и полно. Видеоблоки становятся короткими, информационно емкими. Граница конца и начала ролика максимально скрывается.

Развиваются и востребованы технологии, персонализирующие контент. Популярным трендом в западных странах остается формирование постоянной аудитории посетителей (подписчиков) сайта – ведение e-mail рассылки, активность в аккаунтах сайта в социальных сетях и т. п. Это обуславливается тем, что затраты на привлечение новых посетителей выше, чем на то, чтобы заинтересовать человека подписаться, и в дальнейшем работать уже с постоянной аудиторией. Это уже приходит и в российский сегмент Интернета. Механизмами персонализации становятся активное использование чат-ботов, запрограммированных на выполнение различных ролей, включая общую помощь, советы по покупке и т. д. и использование алгоритмов искусственного интеллекта, персонализирующих контент конкретных пользователей.

Появляется тренд, который можно назвать «от навигатора к ассистенту», что демонстрирует проект Neop, который представила компания Samsung в 2020 году. Такой цифровой ассистент также быстро придет в web-индустрию.

Заключение

Резюмируя, можно отметить два основных конкурирующих вектора современного взгляда на ближайшее развитие корпоративных web-ресурсов. С одной стороны – понятность и простота, качественный информативный текст. С другой – внедрение элементов, основанных на современных технологиях, таких как 3D, VR, элементы искусственного интеллекта и обработка речи. При этом происходит переориентация новых и существующих ресурсов на просмотр с мобильных устройств или адаптация под работу с ними. Это обусловлено ростом мобильного трафика и ориентацию пользователей, провайдеров и IT-производителей на мобильный Интернет.

Можно отметить стремление сделать что-то новое, непохожее на другие сайты, выделяющееся среди миллионов похожих шаблонов. Однако основным подходом на современном этапе остается подход «Content First», ориентация на контент и стирание грани между пользователем и интерфейсом. Нет никаких особых ограничений, главное – создать нужную атмосферу для пользователя, создать элементы управления, контент, ориентируясь на



человека, то есть естественные формулировки и привычные формы. Современный Интернет – это не просто цифровые странички, а среда, в которой органично хочет существовать современный человек.

Список литературы

1. Денисов. 2020. Главные тренды веб-дизайна 2020. Сайт компании «Студия Вячеслава Денисова» URL: <https://sdvv.ru/articles/testovyy-razdel/glavnye-trendy-veb-dizayna-2020/> (дата обращения: 20 апреля 2020).
2. Захарова М.В. 2016. Формирование культуры пользователей посредством визуальной композиции web-сайтов. Молодой ученый. 2016. № 20. С. 782–785. URL: <https://moluch.ru/archive/124/34321/> (дата обращения: 20 апреля 2020).
3. Примеры | Infogra. 2020. URL: <https://infogra.ru/typography/examples> (дата обращения: 20 апреля 2020).
4. Рейтинг Рунета. 2020. URL: <http://awards.ratingruneta.ru/> (дата обращения: 20 апреля 2020).
5. Руднева Т. 2019. 10 главных трендов графического и web-дизайна в 2020 году. URL: <https://postium.ru/trendy-graficheskogo-i-veb-dizajna-v-2020-godu/> (дата обращения: 20 апреля 2020).
6. Сергеева Ю. 2020. Вся статистика интернета на 2020 год – цифры и тренды в мире и в России. URL: <https://www.web-canape.ru/business/internet-2020-globalnaya-statistika-i-trendy/> (дата обращения: 20 апреля 2020).
7. Терехов А. 2019. Рынок разработки сайтов в Рунете: объем, ситуация, тенденции. URL: <https://www.sumteh.ru/stati/proektirovanie-sayta/rynok-razrabotki-sajtov-v-runete-obem-situaciya-te.html> (дата обращения: 8 августа 2019).
8. Adindex.ru. 2019. Сайт о рекламе и маркетинге в России и мире. URL: <https://adindex.ru> (дата обращения: 17 июля 2019).
9. Amit S. Namboothiry. 2012. Understanding the Split Layout in Web Design URL: <https://webdesign.tutsplus.com/articles/understanding-the-split-layout-in-web-design--webdesign-9551> (дата обращения: 20 апреля 2020).
10. bizhit.ru. 2019. Количество пользователей интернета в России. URL: http://www.bizhit.ru/index/users_count/0-151 (дата обращения: 20 апреля 2020).
11. Chong W., Rudkin S., Zhang J. 2019. Gender differentials and implicit feedback on online video content: enhancing user interest evaluation. *Industrial Management and Data Systems*, 119 (5), pp. 1128-1146. DOI: 10.1108/IMDS-12-2018-0551.
12. Cossa.ru. 2016а. Адаптивный дизайн или мобильная версия. Мнение заказчиков сайтов. URL: <https://www.cossa.ru/149/126708> (дата обращения: 20 апреля 2020).
13. Cossa.ru. 2016б. Готовы ли клиенты обращаться к иногородним web-студиям? URL: <https://www.cossa.ru/149/124868/> (дата обращения: 20 апреля 2020).
14. Cossa.ru. 2016в. Чего клиенты ждут от web-студий и в каких случаях готовы их сменить. Cossa – интернет-издание о маркетинге и коммуникациях в цифровой среде. URL: <https://www.cossa.ru/149/129903/> (дата обращения: 20 апреля 2020).
15. Cossa.ru. 2020. Исследования. Cossa — интернет-издание о маркетинге и коммуникациях в цифровой среде. URL: <https://www.cossa.ru/149/> (дата обращения: 20 апреля 2020).
16. De Andrade Cardieri G., Zaina L.A.M. 2019. PWA-EU: Extending PWA approach for promoting customization based on user preferences. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 3 (EICS). DOI: 10.1145/3331152.
17. Dou Q., Zheng X.S., Sun T., Heng P.-A. 2019. Webthetics: Quantifying webpage aesthetics with deep learning. (2019) *International Journal of Human Computer Studies*, 124, pp. 56-66. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2018.11.006.
18. Friendly Design. 2020. Тренды в дизайне на 2020 год. URL: <https://vc.ru/design/90991-trendy-v-dizayne-na-2020-god> (дата обращения: 20 апреля 2020).
19. GfK.com. 2019. Проникновение Интернета в России: итоги 2018 года. URL: https://www.gfk.com/fileadmin/user_upload/dyna_content/RU/Documents/Press_Releases/2019/GfK_Rus_I_nternet_Audience_in_Russia_2018.pdf (дата обращения: 20 апреля 2020).
20. Grange C., Barki H. 2020. The nature and role of user beliefs regarding a website's design quality. *Journal of Organizational and End User Computing*, 32 (1), pp. 1-23. DOI: 10.4018/JOEUC.2020010105.
21. Hamzi M., Hajmoosaei A. 2015. Web interface design for academic institutions. *IC3e 2014 - 2014 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services*. DOI: 10.1109/IC3e.2014.7081233.

22. Harrison, L., Reinecke, K., Chang, R. 2015. Infographic aesthetics: designing for the first impression. *Proceedings of the Thirty-Third Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1187-1190. DOI: 10.1145/2702123.2702545.
23. Khani M.G., Mazinani M.R., Fayyaz M., Hoseini M. 2016. A novel approach for website aesthetic evaluation based on convolutional neural networks. (2016) *Proceedings of the Second International Conference on Web Research (ICWR)*, pp. 48-53. DOI: 10.1109/ICWR.2016.7498445.
24. Kim I., Pant G. 2019. Predicting web site audience demographics using content and design cues. *Information and Management*, 56 (5), pp. 718-730. DOI: 10.1016/j.im.2018.11.005.
25. Rusability. 2020. Интернет-маркетинг, контент-маркетинг, юзабилити и SMM (CMM). URL: <https://rusability.ru> (дата обращения: 17 июля 2019).
26. Stojmenovic M., Biddle R., Grundy J., Farrell V. 2019. The influence of textual and verbal word-of-mouth on website usability and visual appeal. *Journal of Supercomputing*, 75 (4), pp. 1783–1830. DOI: 10.1007/s11227-018-2313-x.
27. Trends 2018. The trends to know for 2018. Исследование GlobalWebIndex. URL: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/304927/resources-page/Content/Trends-18.pdf> (дата обращения: 20 апреля 2020).
28. Vanderdonckt J., Zen M., Vatavu R.-D. 2019. AB4Web: An on-line A/B tester for comparing user interface design alternatives. (2019) *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 3 (EICS). DOI:10.1145/3331160.

References

1. Denisov. 2020. *Glavnye trendy veb-dizaina 2020*. Sait kompanii «Studiya Vyacheslava Denisova» [Main trends of web design 2020]. Website of the «Vyacheslav Denisov's Studio». Available at: <https://sdvv.ru/articles/elektronnaya-kommertsiya/statistika-interneta-2018-sayty-blogi-domeny-elektronnaya-kommertsiya-interesnye-tsifry-i-fakty-so-v/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
2. Zakharova M.V. 2016. Formirovanie kul'tury pol'zovatelei posredstvom vizual'noi kompozitsii veb-saitov [Forming a user's culture through a websites visual composition]. *Molodoi uchenyi*, 2016, no. 20, pp. 782–785. Available at: <https://moluch.ru/archive/124/34321/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
3. Primery | Infogra. 2020. [Examples | Infogra]. Available at: <https://infogra.ru/typography/examples> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
4. Reiting RuNeta. 2020. [RuNet Rating]. Available at: <http://awards.ratingruneta.ru/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
5. Rudneva T. 2019. 10 glavnykh trendov grafitseskogo i veb-dizaina v 2020 godu [10 main trends of graphical and web design in 2020]. Available at: <https://postium.ru/trendy-graficheskogo-i-veb-dizajna-v-2020-godu/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
6. Sergeeva Yu. 2020. Vsyta statistika interneta na 2020 god – v mire i v Rossii [All Internet statistics for 2020 – in the world and in Russia]. Available at: <https://www.web-canape.ru/business/internet-2020-globalnaya-statistika-i-trendy/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
7. Terekhov A. 2019. Rynok razrabotki saytov v Runete: obyem, situatsiya, tendentsii [RuNet website market development: volume, situation, trends]. Available at: <https://www.sumteh.ru/stati/proektirovanie-sayta/rynok-razrabotki-sajtov-v-runete-obem-situaciya-te.html> (accessed 08 August 2019). (in Russian).
8. Adindex.ru. 2019. Sait o reklame i marketinge v Rossii i mire [Adindex.ru – website about advertising and marketing in Russia and the world]. Available at: <https://adindex.ru> (accessed 17 July 2019). (in Russian).
9. Amit S. Namboothiry. 2012. Understanding the Split Layout in Web Design. Available at: <https://webdesign.tutsplus.com/articles/understanding-the-split-layout-in-web-design--webdesign-9551> (accessed 20 April 2020).
10. bizhit.ru. 2019. Kolichestvo pol'zovateley interneta v Rossii [The number of Internet users in Russia]. Available at: http://www.bizhit.ru/index/users_count/0-151 (accessed 20 April 2020). (in Russian).
11. Chong W., Rudkin S., Zhang J. 2019. Gender differentials and implicit feedback on online video content: enhancing user interest evaluation. *Industrial Management and Data Systems*, 119 (5), pp. 1128–1146. DOI: 10.1108/IMDS-12-2018-0551.
12. Cossa.ru. 2016a. Adaptivnyi dizain ili mobil'naya versiya. Mnenie zakazchikov saitov [Adaptive design or mobile version. Sites customers opinion]. Available at: <https://www.cossa.ru/149/126708/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).



13. Cossa.ru. 2016б. Gotovy li klienty obrashchat'sya k inogorodnim veb-studiyam? [Does customers ready to deal with out-of-region web studios?]. Available at: <https://www.cossa.ru/149/124868/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
14. Cossa.ru. 2016в. Chego klienty zhдут ot veb-studii i v kakikh sluchayakh gotovy ikh smenit' [What do customers expect from web studios and in what cases they are ready to change them]. Available at: <https://www.cossa.ru/149/129903/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
15. Cossa.ru. 2020. Issledovaniya. Cossa – internet-izdanie o marketinge i kommunikatsiyakh v tsifrovoy srede [Research. Cossa is an online publication on marketing and communications in the digital environment]. Available at: <https://www.cossa.ru/149/> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
16. De Andrade Cardieri G., Zaina L.A.M. 2019. PWA-EU: Extending PWA approach for promoting customization based on user preferences. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 3 (EICS). DOI: 10.1145/3331152.
17. Dou Q., Zheng X.S., Sun T., Heng P.-A. 2019. Webthetics: Quantifying webpage aesthetics with deep learning. International Journal of Human Computer Studies, 124, pp. 56–66. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2018.11.006.
18. Friendly Design. 2020. Trendy v dizayne na 2020 god [Design trends in 2020]. Available at: <https://vc.ru/design/90991-trendy-v-dizayne-na-2020-god> (accessed 20 April 2020). (in Russian).
19. GfK.com. 2019. Proniknoveniye Interneta v Rossii: itogi 2018 goda [The penetration of the Internet in Russia: results of 2018]. Available at: https://www.gfk.com/fileadmin/user_upload/dyna_content/RU/Documents/Press_Releases/2019/GfK_Rus_Internet_Audience_in_Russia_2018.pdf (accessed 20 April 2020). (in Russian).
20. Grange C., Barki H. 2020. The nature and role of user beliefs regarding a website's design quality. Journal of Organizational and End User Computing, 32 (1), pp. 1–23. DOI: 10.4018/JOEUC.2020010105.
21. Hamzi M., Hajmoosaei A. 2015. Web interface design for academic institutions. IC3e 2014 - 2014 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services. DOI: 10.1109/IC3e.2014.7081233.
22. Harrison, L., Reinecke, K., Chang, R. 2015. Infographic aesthetics: designing for the first impression. Proceedings of the Thirty-Third Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1187–1190. DOI: 10.1145/2702123.2702545.
23. Khani M.G., Mazinani M.R., Fayyaz M., Hoseini M. 2016. A novel approach for website aesthetic evaluation based on convolutional neural networks. Proceedings of the Second International Conference on Web Research (ICWR), pp. 48–53. DOI: 10.1109/ICWR.2016.7498445.
24. Kim I., Pant G. 2019. Predicting web site audience demographics using content and design cues. (2019) Information and Management, 56 (5), pp. 718–730. DOI: 10.1016/j.im.2018.11.005.
25. Rusability. 2020. Internet-marketing, kontent-marketing, yuzabiliti i SMM (CMM) [Rusability – Internet marketing, content marketing, usability and SMM (CMM)]. Available at: <https://rusability.ru> (accessed 17 July 2019). (in Russian).
26. Stojmenovic M., Biddle R., Grundy J., Farrell V. 2019. The influence of textual and verbal word-of-mouth on website usability and visual appeal. Journal of Supercomputing, 75 (4), pp. 1783–1830. DOI: 10.1007/s11227-018-2313-x.
27. Trends 2018. The trends to know for 2018. GlobalWebIndex. Available at: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/304927/resources-page/Content/Trends-18.pdf> (accessed 20 April 2020).
28. Vanderdonckt J., Zen M., Vatavu R.-D. 2019. AB4Web: An on-line A/B tester for comparing user interface design alternatives. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 3 (EICS). DOI:10.1145/3331160.

Ссылка для цитирования статьи For citation

Гольчевский Ю.В. 2020. Подходы к проектированию и разработке современного корпоративного web-ресурса. Экономика. Информатика. 47 (2): 432–440. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-432-440.

Golchevskiy Yu.V. 2020. Approaches to the modern corporate web resource design and development. Economics. Information technologies. 47 (2): 432–440 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-432-440.

УДК 621.397

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-2-441-451

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ РЕЧИ ПУТЕМ АНАЛИЗА
ИНФОРМАЦИОННОЙ ОДНОРОДНОСТИ****AUTOMATIC SEGMENTATION OF SPEECH BY ANALYSIS
OF THE INFORMATIONAL HOMOGENEITY****С.В. Уманец¹, А.В. Болдышев¹, П.Г. Лихолоб²
S.V. Umanets¹, A.V. Boldyshev¹, P.G. Likholob²**¹ Белгородский филиал ПАО «Ростелеком»,
Россия, 308000, Белгород, п. Б.-Хмельницкого, 81² Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85¹ Belgorod filial PJSC "Rostelekom", 81 B.-Khmelnitskogo Av, Belgorod, 308000, Russia² Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: 286084@bsu.edu.ru; boldyshev@bsu.edu.ru, Likholob@bsu.edu.ru

Аннотация

В работе рассмотрен алгоритм анализа цифровых сигналов. Назначение алгоритма – автоматическая сегментация речевого сигнала, что означает разбиение исходного сигнала на фрагменты с устойчивыми информационными признаками. Принцип работы алгоритма основан на анализе информационной однородности. Разработана информационная модель однородности устной речи. Проведен анализ информационной однородности на примере звукозаписи русской фразы. Разработан алгоритм поиска границ смены фоном. В работе также представлены результаты вычислительных экспериментов для различных комбинаций параметров алгоритма. Сделан вывод о работоспособности алгоритма на основе проверки по критериям точность (до 0.84) и полнота (до 0.85). Приведены рекомендации для настройки алгоритма на основе вычислительных экспериментов с речевой базой TIMIT.

Abstract

In this paper, an algorithm for digital signal processing is considered. The purpose of the algorithm is automatic segmentation of the speech signal, that is, splitting the original signal into segments generated by action in different conditions. The principle of operation of the algorithm is based on the analysis of information homogeneity. At the beginning of the algorithm, an information model is compiled, then an analysis of information homogeneity is performed and a search for the boundaries of sound change is performed. The application of non-linearity and moving average for confident decision-making about the presence of a boundary between different sounds is considered. The paper also presents the results of computational experiments for various combinations of algorithm parameters. Numerical evaluation of the algorithm was carried out on the material from the database of marked speech fragments of the American Agency for advanced defense research projects DARPA TIMIT Acoustic-Phonetic Continuous Speech Corpus. The conclusion about the algorithm's performance is made.

Ключевые слова: доли энергии, энтропия, взаимная информация, однородность.**Keywords:** fraction of energy, entropy, mutual information, homogeneity.

Для построения систем голосового управления появляется потребность распознавать речь – анализируя речевой сигнал определить элемент устной речи, под воздействием которого сформировался анализируемый отрезок речевого сигнала. Речевой сигнал – это результат регистрации электромагнитных колебаний на выходе микрофона от воздействия

акустических колебаний. Распознавание проводится с помощью анализа набора признаков. [Загоруйко, 1972]. Признаки можно получить, объединяя в группы однородные элементы. Поэтому один из этапов автоматического анализа речевого сигнала – это сегментация – разбиение исходного сигнала на отрезки, порождённые воздействием в разных условиях. Речевой сигнал является нестационарным и его характеристики значительно меняются от отрезка к отрезку. При этом в границах одного элемента речевого сигнала информационная однородность будет больше, чем при переходе между элементами.

Ориентируясь на модели строения слухового аппарата человека [Вологдин, 2004] необходимо анализировать энергию звука в зависимости от частотного интервала. В данной работе анализу будут подвергаться доли энергии отрезков сигнала [Болдышев и др., 2011] путём группировки их в последовательные фрагменты.

Составление информационной модели

В работе использовалась следующая модель.

Для обработки использовалась звукозапись устной речи

$$\vec{s} = (s_1, s_2, \dots, s_U). \quad (1)$$

Звукозапись разбивалась на отрезки анализа

$$\vec{x}_n = (s_{n+1}, s_{n+2}, \dots, s_{n+N}), \quad (2)$$

представляющие собой вектора размерностью N , составленные из последовательных отсчётов оцифрованной звукозаписи, взятых начиная с момента времени n . Момент формирования отрезка анализа t это

$$t = n / F_s, \quad (3)$$

где F_s – это частота дискретизации при звукозаписи. Размерность отрезка анализа задаётся параметром модели – временем сбора отрезка анализа T_w :

$$N = T_w \cdot F_s, \quad (4)$$

это более адекватный параметр, чем просто числовое значение для размерности, потому что звукозапись может быть оцифрована при разных частотах дискретизации.

Для отрезка анализа вычислялось распределение энергии по частотам (здесь T – знак транспонирования)

$$W_{rn} = \vec{x}_n \cdot \mathbf{A}_r \cdot \vec{x}_n^T. \quad (5)$$

Квадратичная форма содержит субполосную матрицу с элементами в виде разницы синусов [Жилияков, 2007]:

$$a_r(i, k) = \begin{cases} \frac{\sin(v_r(i-k)) - \sin(v_{r-1}(i-k))}{\pi(i-k)}, & \text{при } i \neq k \\ (v_r - v_{r-1}) / \pi, & \text{при } i = k \end{cases}, \quad (6)$$

где v_r – верхняя граница r -го частотного интервала; индексы i, k меняются от 1 до N , r – это номер частотного интервала, $r = 1, 2, \dots, R$ всего интервалов R , количество частотных интервалов является параметром модели.

Разбиение на интервалы удовлетворяло условию:

$$\Omega_r = [-v_r, -v_{r-1}) \cup [v_{r-1}, v_r) \quad v_0 = 0, \quad \Omega_R = \bigcup_{r=1}^R \Omega_r = [-\pi, \pi). \quad (7)$$

Квадратичная форма (5) соответствует вычислению части энергии отрезка сигнала, содержащегося в r -м частотном интервале

$$S_r(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega \in \Omega_r} |X(\omega)|^2 d\omega \quad (8)$$

где

$$X(\omega) = \sum_{n=1}^N x_n e^{-j(n-1)\omega}, j = \sqrt{-1} \quad (9)$$

это трансформанта Фурье [Ильин и др., 1985] с областью определения

$$-\pi \leq \omega \leq \pi. \quad (10)$$

Имеет место и обратное преобразование

$$x_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(\omega) e^{j(n-1)\omega} d\omega \quad (11)$$

Отсюда можно получить равенство Парсеваля для энергии сигнала в отрезке анализа

$$\|\vec{x}\|^2 = \sum_{n=1}^N x_n^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |X(\omega)|^2 d\omega = \sum_{r=1}^R S_r(x). \quad (12)$$

В данной работе отрезки для анализа выбирались из звукозаписи (1) через $Nstep$ отсчётов

$$Nstep = (1 - Cw) \cdot N, \quad (13)$$

где Cw – это доля перекрытия отрезков анализа, является параметром модели. На рисунке 1 представлен пример отбора отрезков анализа из исходной звукозаписи при значении доли перекрытия $Cw = \frac{3}{5}$.

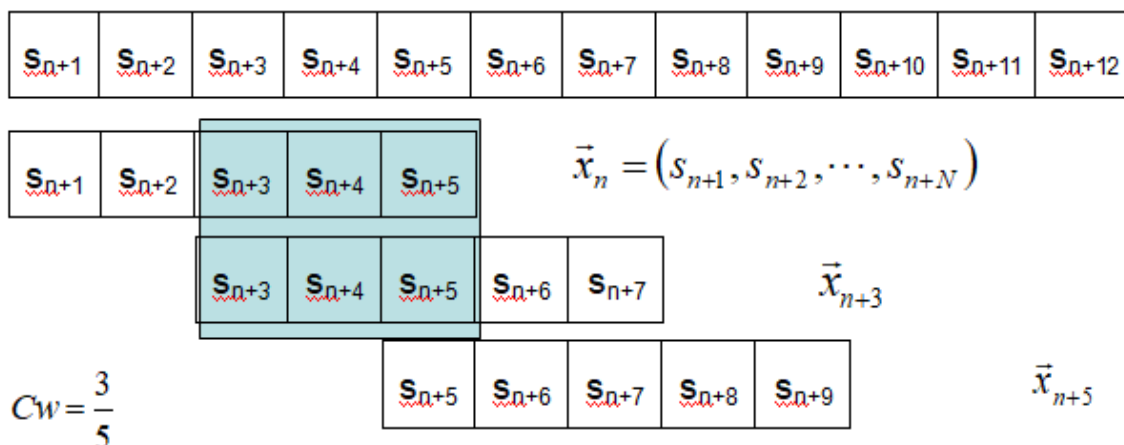


Рис. 1. Выбор отрезков анализа с перекрытием
Fig. 1. Select analyze intervals with intercross

Результаты вычислений распределения энергий по частотам группировались в таблицу G , определяемую как фрагмент анализа

$$G = \begin{pmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1r} & \dots & W_{1R} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2r} & \dots & W_{2R} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{m1} & W_{m2} & \dots & W_{mr} & \dots & W_{mR} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{M1} & W_{M2} & \dots & W_{Mr} & \dots & W_{MR} \end{pmatrix}. \quad (14)$$

Индекс r – это номер частотного интервала, а индекс m – соответствует времени выборки отрезка анализа, относительно первого отрезка при формировании фрагмента:

$$\frac{t}{F_s} = n + (m-1) \cdot Nstep, \quad (15)$$

то есть m – это индекс для окна анализа, взятого через время t относительно выбора первого отрезка во фрагменте.

Фрагмент анализа собирался за время Tg – это ещё один параметр модели. Вертикальный размер M для матрицы фрагмента вычислялся как

$$M = \left\lfloor \frac{Tg \cdot Fs}{Nstep} \right\rfloor + 1, \quad (16)$$

где полуквадратные скобки обозначают действие взятия целой части. Время сбора фрагмента обязательно было больше времени сбора отрезка анализа

$$Tg > Tw. \quad (17)$$

Расстояние между фрагментами анализа составляло величину

$$Nstep_g = M \cdot (1 - Cg), \quad (18)$$

т. е. в следующем фрагменте анализа первый отрезок выбирается через $Nstep_g$ отрезков относительно первого отрезка текущего фрагмента, где шаг сдвига (18) вычислялся с помощью доли перекрытия фрагментов Cg . Доля перекрытия фрагментов анализа является параметром модели. На рисунке 2 представлен пример формирования фрагментов анализа из отрезков анализа при значении доли перекрытия $Cg = \frac{2}{4}$.

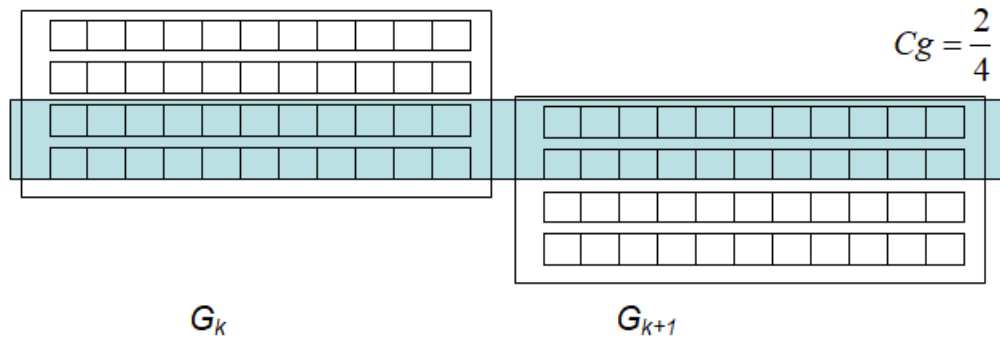


Рис. 2. Формирование отрезков анализа с перекрытием
Fig. 2. Forming analyze fragments with intercross

Анализ информационной однородности речевого сигнала

Следующим этапом в работе был анализ информационной однородности речевого сигнала.

Для фрагмента анализа G (14) определялись:

доля энергии в r -ом частотном интервале (5) в момент времени m (15):

$$P_{mr} = \frac{W_{mr}}{W_{\Sigma}}, \quad (19)$$

где величина

$$W_{\Sigma} = \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R W_{mr} \quad (20)$$

является суммарной энергией во фрагменте анализа;

и краевые доли:

доля энергии в r -ом частотном интервала по отношению ко всей энергии фрагмента:

$$P_r = \frac{\sum_{m=1}^M W_{mr}}{W_{\Sigma}} \quad (21)$$

и доля энергии в m -ый момент времени по отношению ко всей энергии во фрагменте:

$$P_m = \frac{\sum_{r=1}^R W_{mr}}{W_{\Sigma}}. \quad (22)$$

Если рассматривать весь фрагмент как пространство элементарных событий, а за событие принять наличие энергии, то доли энергии можно рассматривать как вероятности.

Если бы события «доля энергии в частотном интервале» и «доля энергии в отсчёте» были полностью зависимые, то перемножение вектора-столбца P_m на вектор-строку P_r было бы равно матрице P_{mr} . Вычислительные эксперименты обнаруживают отсутствие равенства.

$$\begin{pmatrix} P_1 \\ \vdots \\ P_m \\ \vdots \\ P_M \end{pmatrix} \times (P_1 \quad \dots \quad P_r \quad \dots \quad P_R) \neq \begin{pmatrix} P_{11} & \dots & P_{1r} & \dots & P_{1R} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{m1} & \dots & P_{mr} & \dots & P_{mR} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{M1} & \dots & P_{Mr} & \dots & P_{MR} \end{pmatrix}. \quad (23)$$

Поэтому должна быть взаимная информация между изменением энергии по частоте и изменением энергии по времени.

Взаимная информация [Хайкин, 2006] вычислялась как

$$I = H_m + H_n - H_{mn}, \quad (24)$$

где H – это энтропия [Шеннон, 1948]:

для моментов времени

$$H_{mr} = - \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R P_{mr} \log(P_{mr}), \quad (25)$$

для частотных интервалов

$$H_{mr} = - \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R P_{mr} \log(P_{mr}), \quad (26)$$

совместная

$$H_{mr} = - \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R P_{mr} \log(P_{mr}). \quad (27)$$

Взаимная информация определяется как разница суммы краевых энтропий и совместной. Взаимная информация должна быть положительной величиной. Вычисляя величину взаимной информации от фрагмента к фрагменту можно построить график и по нему проанализировать информационную однородность речевого сигнала.

На рис. 3 и рис. 4 представлены графики речевого сигнала для слова «ВЛЕВО» и поведения взаимной информации.

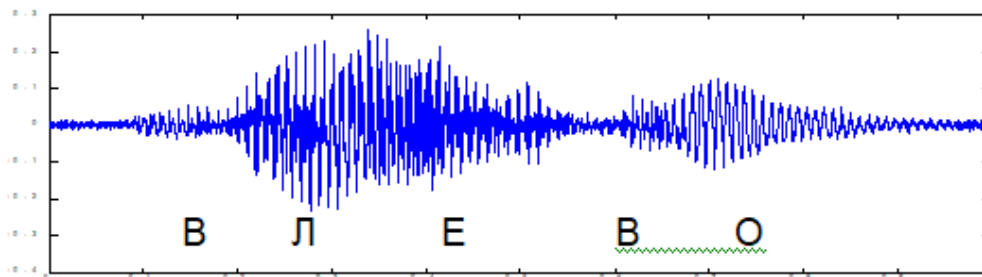


Рис. 3. График речевого сигнала: слово «ВЛЕВО»

Fig. 3. Plot of speech signal: word «ВЛЕВО»

Возникла гипотеза, что между пиками на графике поведения взаимной информации звучит фонема. Такой анализ позволил бы определять границы фонем, составляющих речевой сигнал. Однако наблюдается множество нежелательных пиков локальных максимумов.

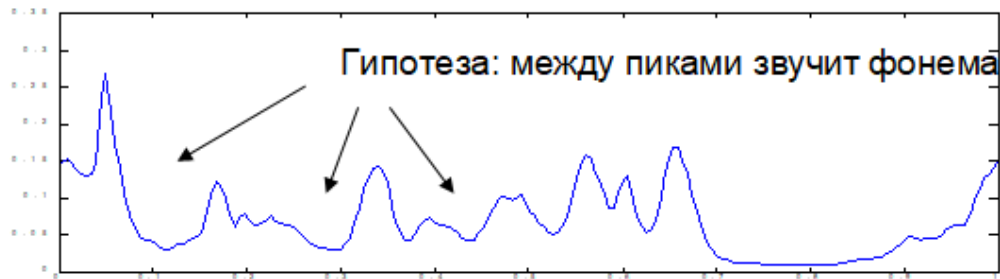


Рис. 4. График поведения взаимной информации
Fig. 4. Plot of behavior of mutual information

Поиск границ смены звуков речи

Чтобы обнаруживать локальный максимум в работе использовалось условие:

$$\begin{aligned} I_k &< I_s, \\ k &\in [s-d, s+d], \\ k &\neq s \end{aligned} \quad (28)$$

где s – индекс фрагмента, дающий локальный максимум на графике взаимной информации, d – количество соседних фрагментов, участвующих в сравнении.

Значение d вычислялось по параметрам модели (4), (13), (17), (18)

$$d = 2 \left\lfloor \frac{N_a}{2 \cdot G_d} \right\rfloor + 1, \quad (29)$$

где G_d – расстояние между соседними фрагментами анализа, измеряемое в отсчётах входного речевого сигнала

$$G_d = Nstep \cdot Nstep_g, \quad (30)$$

N_a – количество отсчётов входного речевого сигнала в интервале времени для поиска локального максимума

$$N_a = \tau_a \cdot Fs, \quad (31)$$

интервал времени $\tau_a = 40ms$ выбран по материалам результатов психоакустических исследований [Цвикер 1971; Алдошина, 2010].

Для учёта порога слышимости была введена нелинейность «зона нечувствительности». На рис. 5 представлены графики нелинейности в виде кусочно-непрерывной функции и в виде гладкой аппроксимации.

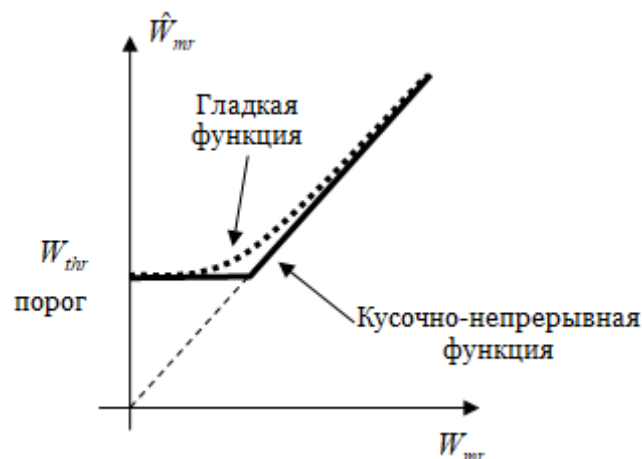


Рис. 5. График нелинейности
Fig. 5. Plot of nonlinearity

Кусочно-непрерывная функция, задающая нелинейность:

$$\hat{W}_{mr} = \begin{cases} W_{mr}, & W_{mr} > W_{thr} \\ W_{thr}, & W_{mr} \leq W_{thr} \end{cases}, \quad (32)$$

гладкая аппроксимация задавалась функцией:

$$\hat{W}_{mr} = W_{thr} + \frac{W_{mr}^2}{W_{mr} + W_{thr}}. \quad (33)$$

В формулах (32) и (33) пороговое значение W_{thr} вычислялось для каждого фрагмента анализа индивидуально как среднеарифметическое значение энергий [Жиляков и др., 2011] по трём смежным фрагментам, но не меньше значения эквивалентного -50 дБ как абсолютного порога слышимости.

Дополнительно, для устранения ложных пиков, проводилась процедура сглаживания кривой взаимной информации

$$\hat{I}_s = \frac{1}{2d+1} \sum_{k=(s-d)}^{k=(s+d)} I_k. \quad (34)$$

Значение для сглаженной кривой взаимной информации для индекса S вычислялось как среднее арифметическое между значениями взаимных информаций в соседствующих фрагментах. Отрезок со значениями индексов для соседствующих фрагментов брался такой же, как и для определения локального максимума.

На рис. 6 изображён график речевого сигнала с отметками алгоритма, на рис. 7 представлена кривая взаимной информации после учёта нелинейности и сглаживания. Кружочками обозначены локальные максимумы.

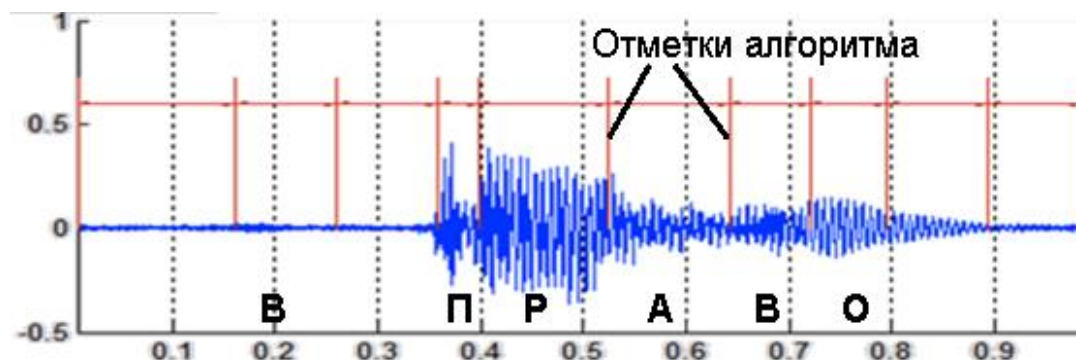


Рис. 6. График речевого сигнала: слово «ВПРАВО»

Fig. 6. Plot of speech signal: word «ВПРАВО»

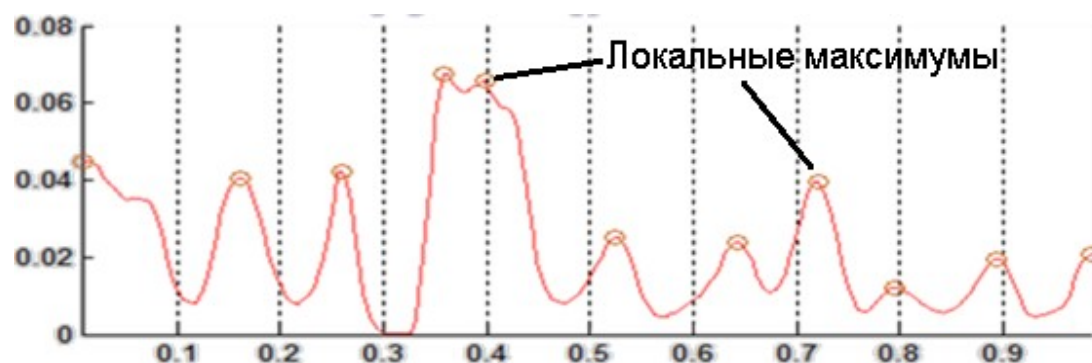


Рис. 7. График поведения взаимной информации после учета нелинейности и сглаживания

Fig. 7. Plot of behavior of mutual information after use nonlinearity and smoothing

Вычислительный эксперимент

Для проверки и численной оценки адекватности работы алгоритма надо подсчитать, сколько раз была верной постановка границы. Верной считалась постановка, если расстояние между отметкой ручного разбиения и отметкой автоматического разбиения оказывалось меньше величины времени допустимого расхождения:

$$C_0 = \sum_{i,j} \begin{cases} 1, \min_{i,j} (|\alpha_i - \beta_j|) < \theta \\ 0 \end{cases}, \quad (35)$$

где C_0 – количество верных постановок границ, $\beta \in \{B\}$ – множество отметок ручной разметки, $\alpha \in \{A\}$ – множество отметок автоматической разметки, $\theta = 20\text{мс}$ – величина времени допустимого расхождения. Выбрана по материалам результатов психоакустических исследований [Цвикер и др., 1971; Алдошина, 2010].

Кроме количества верных оценок, ещё необходимо подсчитать сколько раз алгоритм не поставил отметку наличия границы, когда такая отметка присутствует при ручной разметке, это ошибки первого рода «пропуск цели».

$$C_I = [B] - C_0, \quad (36)$$

где C_I – количество ошибок первого рода, $[B]$ – количество элементов в множестве $\{B\}$.

Также необходимо подсчитать сколько произошло ошибочных постановок границ, это ошибки второго рода «ложная тревога».

$$C_{II} = [A] - C_0, \quad (37)$$

где C_{II} – количество ошибок второго рода, $[A]$ – количество элементов в множестве $\{A\}$.

Оценка алгоритма проводилась по критериям точности ϕ и полноты χ

$$\phi = \frac{C_0}{C_0 + C_I}, \quad (38)$$

$$\chi = \frac{C_0}{C_0 + C_{II}}. \quad (39)$$

Численная оценка работы алгоритма проводилась на материале из базы размеченных речевых фрагментов американского агентства передовых оборонных исследовательских проектов DARPA TIMIT Acoustic-Phonetic Continuous Speech Corpus. В базе содержится много звукозаписей. Для эксперимента были взяты 100 звукозаписей. С целью выяснения влияния параметров модели на точность вычислений, расчёты выполнялись для одной звукозаписи при разных комбинациях значений параметров.

На рис. 8 представлен рабочий момент алгоритма. Синяя линия – это сигнал из звукозаписи. Зелёные линии – отметки, сделанные вручную, горизонтальные концы – интервалы допуска ± 20 миллисекунд. Розовая линия внизу – график взаимной информации, розовые вертикальные линии – отметки автоматической сегментации. Есть эпизоды верной сегментации и ошибочной.

По результатам численных экспериментов посчитаны точность и полнота (таблица 1).

В табл. 2 приведены результаты оценки параметров алгоритма, при которых достигаются максимальные значения точности или полноты. Максимальная точность была при наборе параметров (табл. 2, строка 1), полнота при этом составила $\chi = 0,689$. Максимальная полнота была при наборе параметров (таблица 2, строка 2), точность при этом составила $\phi = 0,595$, т. е. была минимальной. Максимальное произведение точности и полноты было при наборе параметров (табл. 2, строка 3), полнота при этом составила $\chi = 0,751$, а точность оказалась $\phi = 0,82$.

Выводы: возможно проводить сегментацию речевого сигнала, используя анализ информационной однородности распределения энергий сигнала по частотным интервалам. Параметры алгоритма оказывают влияние на результативность.

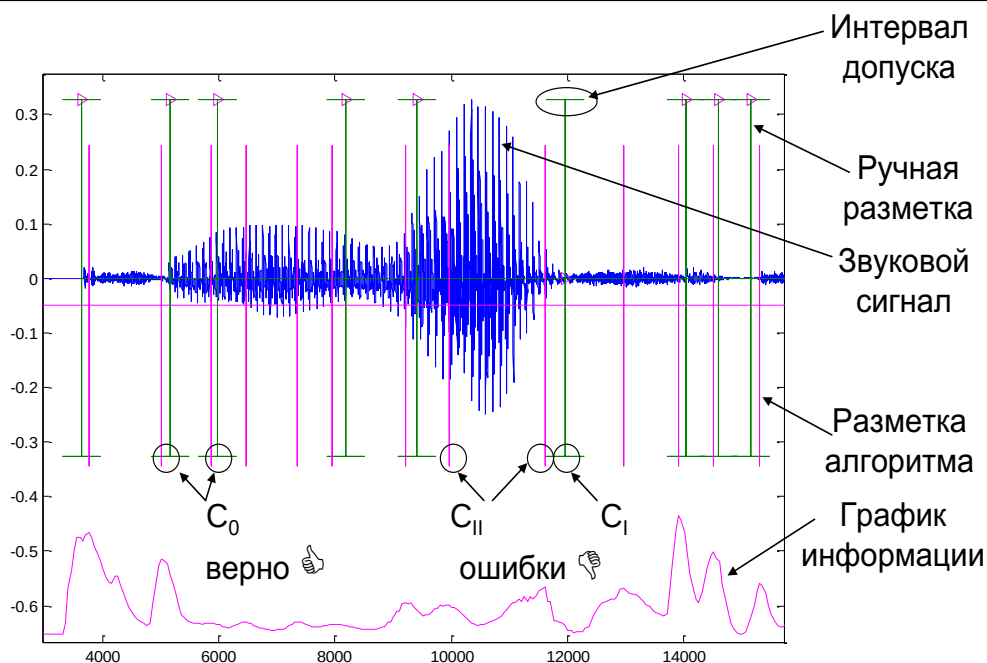


Рис. 8. Пример работы алгоритма
Fig. 8. Example of working algorithm

Таблица 1
Table 1

Значения точности и полноты работы алгоритма
Value of precision and fullness working algorithm

	Минимальное значение	Максимальное значение
ϕ	0,607	0,841
χ	0,595	0,85

Таблица 2
Table 2

Значения параметров при максимальной точности
Value of parameters for maximal precision

ϕ	χ	T_w , мс	C_w	T_g , мс	C_g
0,841	0,689	8	0,75	60	0,95
0,595	0,85	10	0,65	45	0,7
0,82	0,751	13	0,9	50	0,95

Список литературы

1. Алдошина И. 2010. Основы психоакустики. Подборка статей. URL: <http://www.625-net.ru> (дата обращения: 11 февраля 2010).
2. Белов С.П., Белов А.С. 2008. О различиях частотных свойств информационных и неинформационных звуковых сигналов речевого диапазона. Научные ведомости БелГУ Сер. Информатика, 7 (38): 214–221.
3. Вологдин Э.И. 2004. Слух и восприятие звука: Учеб. пособие. СПб. СТ «Факультет ДВО», 52.
4. Жилияков Е. Г., Прохоренко Е. И., Болдышев А. В. и др. 2011. Сегментация речевых сигналов на основе анализа распределения энергии по частотным интервалам. Научные Ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика, 7 (102): 187–196.



5. Жилияков Е. Г., Трубицына Д. И., Прохоренко Е. И., Болдышев А. В. 2019. Об использовании субполосного анализа и синтеза сигналов в области определения косинус-преобразования при решении задач сжатия речевых сигналов. Научные Ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика, 4 (46): 700–709.
6. Жилияков Е.Г. 2007. Вариационные методы анализа и построения функций по эмпирическим данным: моногр. Белгород: Изд-во БелГУ. 160.
7. Жилияков Е.Г., Белов С.П., Прохоренко Е.И. 2007. Методы обработки речевых данных в информационно-телекоммуникационных системах на основе частотных представлений. Белгород. Изд-во БелГУ, 136.
8. Загоруйко Н.Г. 1972. Методы распознавания и их применение. М. Сов. Радио: 135–147.
9. Ильин В.А., Садовничий В.А., Сендов Бл.Х. 1985. Математический анализ. Продолжение курса. М. Изд-во МГУ, 358.
10. Фирсова А.А. 2013. Разработка и исследование субполосных методов и алгоритмов сегментации речевых сигналов. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 22.
11. Хайкин С. 2006. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. Пер. с англ. М. Издательский дом «Вильямс», 1104.
12. Цвикер Э., Фельдкеллер Р. 1971. Ухо как приемник информации. Пер. с нем. М. Связь, 64.
13. Шелухин О.И., Лукьянцев Н.Ф. 2000. Цифровая обработка и передача речи. Москва. Радио и связь, 456.
14. DARPA TIMIT Acoustic-Phonetic Continuous Speech Corpus. URL: <https://www.kaggle.com/mfekaadu/darpa-timit-acousticphonetic-continuous-speech> (дата обращения: 11 February 2020).
15. Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27: 379–423, 623–656.

References

1. Aldoshina I. Osnovy psihoakustiki. Podborka statej [Fundamentals of psychoacoustics. A selection of articles]. Available at: <http://www.625-net.ru> (accessed: 11 February 2020).
2. Belov S.P., Belov A.S. 2008. O razlichiyah chastotnykh svoystv informacionnykh i neinformacionnykh zvukovykh signalov rechevogo diapazona [On the differences in the frequency properties of information and non-information audio signals of the speech range]. Nauchnyje Vedomosti BelGU. Ser. Ekonomika. Informatika. 7 (38): 214–221.
3. Vologdin Je.I. 2004. Sluh i vospriyatie zvuka [Hearing and sound perception]: Ucheb. posobie. ST«Fakul'tet DVO». Saint Petersburg, 52.
4. Zhiljakov E.G., Prokhorenko E.I., Boldyshev A.V. et al. 2011. Segmentatsiya rechevykh signalov na osnove analiza raspredeleniya energii po chastotnym intervalam [Segmentation of speech signals based on analysis of energy distribution over frequency intervals]. Nauchnyje Vedomosti BelGU. Ser. Ekonomika. Informatika. 7 (102): 187–196.
5. Zhiljakov E.G., Trubitsyna D.I., Prokhorenko E.I., Boldyshev A.V. 2019. Ob ispolzovanii subpolosnogo analiza i sinteza signalov v oblasti opredeleniya cosinus-preobrazovaniya pri reshenii zadach szhatiya rechevikh signalov [On the use of subband analysis and synthesis of signals in the field of determining the cosine transform in solving problems of compression of speech signals]. Nauchnyje Vedomosti BelGU. Ser. Ekonomika. Informatika. 4 (46): 700–709.
6. Zhiljakov E.G. 2007. Variacionnye metody analiza i postroeniya funktsiy po jempiricheskim dannym [Variational methods of analysis and construction of functions based on empirical data]: monogr. Belgorod. Izd-vo BelGU, 160.
7. Zhiljakov E.G., Belov S.P., Prohorenko E.I. 2007. Metody obrabotki rechevykh dannykh v informacionno-telekommunikacionnykh sistemah na osnove chastotnykh predstavlenij [Methods of processing voice data in information and telecommunication systems based on frequency representations]. Belgorod. Izd-vo BelGU, 136.
8. Zagorujko N.G. 1972. Metody raspoznavaniya i ih primeneniye [Recognition Methods and Their Application]. M. Sov. radio: 135–147.
9. Il'in V.A., Sadovnichij V.A. Sendov Bl.Kh. 1985. Matematicheskij analiz. Prodolgeniye kursa [Mathematical analysis. Continuation of the course]. Moskov. Izd-vo MGU, 358.
10. Firsova A.A. 2013. Razrabotka i issledovanie subpolosnykh metodov i algoritmov segmentatsii rechevykh signalov [Development and research of subband methods and algorithms of segmentation of speech signals]. Abstract. dis. ... cand. of technical sciences. Belgorod, 22.

11. Hajkin Sajmon, 2006. Nejronnye seti: polnyj kurs [Neural networks: full course], 2-e izdanie. Per. s angl. Moskov. Izdatel'skij dom «Vil'jams», 1104.
12. Cviker E., Feldkeller R. 1971. Uho kak prijomnik informacii [Ear as a receiver of information]. Per. s nemeckogo. Moskov, Svyaz, 64.
13. Shelukhin O.I., Lukyantsev N.F. 2000. Cifrovaya obrabotka i peredacha rechi [Digital speech processing and transmission]. Moscow. Publ. Radio i svyaz, 456.
14. DARPA TIMIT Acoustic-Phonetic Continuous Speech Corpus. Available at: <https://www.kaggle.com/mfekadu/darpa-timit-acousticphonetic-continuous-speech> (accessed: 11 February 2020).
15. Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27: 379–423, 623–656.

Ссылка для цитирования статьи
For citation

Уманец С.В., Болдышев А.В., Лихолоб П.Г. 2020. Автоматическая сегментация речи путем анализа информационной однородности. Экономика. Информатика. 47 (2): 441–451. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-441-451.

Umanets S.V., Boldyshev A.V., Likholob P.G. 2020. Automatic segmentation of speech by analysis of the informational homogeneity. Economics. Information technologies. 47 (2): 441–451 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-441-451.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT AUTHORS

- Авилова Ж.Н.** – кандидат социологических наук, доцент, доцент кафедры социологии и управления Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова
- Антонова М.В.** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансов и таможенных доходов Белгородского университета кооперации, экономики и права
- Асирян В.М.** – магистр кафедры прикладной информатики Института информационных технологий и автоматизированных систем управления Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Москва
- Биндюкова А.В.** – ассистент кафедры маркетинга Института управления бизнес-процессами и экономики Сибирского федерального университета (ИУБПЭ СФУ), г. Красноярск
- Бирюков М.В.** – старший преподаватель кафедры организации и технологии защиты информации Белгородского университета кооперации, экономики и права
- Блануца В.И.** – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории георесурсоведения и политической географии Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск
- Болдышев А.В.** – кандидат технических наук, начальник станционного участка № 1 Белгородского филиала ПАО «Ростелеком»
- Варакса А.М.** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории Новосибирского государственного университета экономики и управления, доцент кафедры экономики и управления Новосибирского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»
- Волчков В.П.** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общей теории связи Московского технического университета связи и информатики
- Гарянина А.И.** – аспирант кафедры прикладной математики и математического моделирования Института математики и естественных наук ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь
- Гатилова И.Н.** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий Белгородского университета кооперации, экономики и права
- Глотов Д.С.** – заместитель главы администрации по экономическому и инвестиционному развитию администрации Яковлевского городского округа, г. Строитель
- Глотова А.С.** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности Института экономики и управления Белгородского государственного национального исследовательского университета
- Гольчевский Ю.В.** – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем Института точных наук и информационных технологий, г. Сыктывкар
- Горошко Н.В.** – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, регионоведения и туризма ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», доцент кафедры гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России

-
- | | |
|-------------------------------|--|
| <i>Гостищева Т.В.</i> | – старший преподаватель кафедры организации и технологии защиты информации Белгородского университета кооперации, экономики и права |
| <i>Дорофеев М.Л.</i> | – кандидат экономических наук, доцент Департамента общественных финансов ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Москва |
| <i>Емельянова Е.К.</i> | – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России |
| <i>Заболотная Н.В.</i> | – кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий Белгородского университета кооперации, экономики и права |
| <i>Заболотный А.Т.</i> | – магистр Белгородского университета кооперации, экономики и права |
| <i>Киришина И.А.</i> | – кандидат экономических наук, докторант кафедры экономической безопасности производственных комплексов ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доцент кафедры экономики нефтяной и газовой промышленности РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва |
| <i>Климова Н.А.</i> | – старший преподаватель кафедры организации и технологии защиты информации Белгородского университета кооперации, экономики и права |
| <i>Крутов А.В.</i> | – кандидат политических наук, доцент, доцент кафедры философии Института инженерной экономики и гуманитарных наук Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (МАИ) |
| <i>Кудашева М.С.</i> | – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление» Пензенского государственного технологического университета |
| <i>Ласкина Л.Ю.</i> | – кандидат экономических наук, доцент, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций Университета ИТМО, г. Санкт-Петербург |
| <i>Лихолоб П.Г.</i> | – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета |
| <i>Мишенин В.В.</i> | – аспирант кафедры финансов и таможенных доходов Белгородского университета кооперации, экономики и права |
| <i>Оболенский Д.М.</i> | – ассистент кафедры информационных технологий и компьютерных систем ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» |
| <i>Олейник И.И.</i> | – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета |
| <i>Парфенова Е.Н.</i> | – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга Белгородского государственного национального исследовательского университета |
| <i>Силакова Л. В.</i> | – кандидат экономических наук, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций Университета ИТМО, г. Санкт-Петербург |
| <i>Смирнова Е.В.</i> | – кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга Института управления бизнес-процессами и экономики Сибирского федерального университета (ИУБПЭ СФУ), г. Красноярск |



-
- | | |
|-------------------------|---|
| Столярова З.В. | – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры теории и методологии науки Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова |
| Столярова В.А. | – кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и внешнеэкономической деятельности Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова |
| Титова И.Н. | – старший преподаватель кафедры менеджмента и маркетинга Института экономики и управления Белгородского государственного национального исследовательского университета |
| Трошин А.С. | – доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой менеджмента и внешнеэкономической деятельности Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова |
| Уманец С.В. | – ведущий инженер Белгородского филиала ПАО «Ростелеком» |
| Червяков Н.И. | – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, академик международной академии информатизации, эксперт РАН, почетный работник высшего профессионального образования, заведующий кафедрой прикладной математики и математического моделирования ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь |
| Чистникова И.В. | – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности Белгородского государственного национального исследовательского университета |
| Шевченко В.И. | – кандидат технических наук, доцент, заведующая базовой кафедрой «Корпоративные информационные системы» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» |
| Шеломенцева И.Г. | – аспирант Сибирского федерального университета, преподаватель Красноярского государственного медицинского университета им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого |