

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

SCIENTIFIC JOURNAL

ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES

2022. Том 49, № 4



ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

2022. Том 49, № 4

До 2020 г. 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 (2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) (с 01.02.2022); 05.13.17 Теоретические основы информатики (с 28.12.2018 по 16.10.2022); 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (с 01.02.2022). 08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (с 28.12.2018 по 16.10.2022); 5.2.4 Финансы, денежное обращение и кредит) (с 01.02.2022). 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, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Заместитель главного редактора

Е.А. Стряжкова, 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, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий института инженерных и цифровых технологий (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Члены редколлегии:

А.В. Богомолов, доктор технических наук, профессор (Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Минобороны России, Москва, Россия)

О.В. Ваганова, доктор экономических наук, профессор, 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)

О.А. Иващук, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой информационных и робототехнических систем (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

А.В. Косыкин, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и цифровых технологий (Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел, Россия)

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, профессор кафедры бизнес-аналитики (Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия)

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

Т.Л. Тен, доктор технических наук, профессор, проректор по цифровым технологиям и инновациям (Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан)

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

ISSN 2687-0932

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 Ю.В. Ивахненко. Корректура, компьютерная верстка и оригинал-макет Т.В. Мезеря. Гарнитура Times New Roman, Arial Narrow, Arial. Уч.-изд. л. 24,2. Дата выхода 30.12.2022. Оригинал-макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

- 645 **Пьянкова С.Г., Митрофанова И.В., Ергунова О.Т.**
Геобрендинг как драйвер развития региона в условиях нестабильности
- 661 **Хрысева А.А., Акимова О.Е., Волков С.К.**
Модели креативных центров в рамках концепции пространственного развития сельских территорий
- 677 **Чистникова И.В.**
Сравнительно-статический подход анализа структурных сдвигов региональной экономики

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ

- 684 **Авилова В.В.**
О корректировке целеполагания российской промышленной стратегии и экологической повестки в условиях турбулентной экономической среды
- 693 **Кох Л.В., Кох Ю.В., Данейкин Ю.В.**
Оценка стоимости интеллектуального капитала: взгляд инвестора
- 707 **Лавриненко Е.А., Бондарева Я.Ю., Лыщикова Ю.В.**
Развитие методического инструментария оценки и выбора высокотехнологичных инвестиционных проектов в рамках научно-образовательных центров (НОЦ) мирового уровня

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

- 718 **Богомазова И.В., Климова Т.Б.**
Цифровые сервисы и туристская экосистема в развитии внутреннего туризма
- 731 **Жилинкова К.Б., Жилинкова Л.А.**
Анализ роли Интернет-торговой площадки как направления совершенствования государственного регулирования аграрного рынка региона
- 738 **Старикова М.С., Кучерявенко С.А., Пономарева Т.Н.**
Маркетинговая специфика реализации образовательных программ и конкурентное позиционирование университета
- 749 **Ярошевич Н.Ю., Комарова О.В.**
Методический подход к выбору инструментария селективной промышленной политики: динамический анализ рынка сельскохозяйственного машиностроения

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

- 767 **Дорофеев М.Л.**
Преодоление бедности пенсионеров и повышение уровня пенсионного обеспечения в России в условиях структурной трансформации российской экономики

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 782 **Титов А.И., Корсунов Н.И.**
Метод распознавания объектов в системах технического зрения роботов
- 788 **Маторин С.И., Жихарев А.Г., Бузов П.А., Губкина Л.А.**
Моделирование управления при построении системы менеджмента качества с использованием системно-объектного подхода

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

- 798 **Киреев В.А., Бобынцев Д.О.**
Метод и алгоритм распознавания аварийной ситуации при перестроении автомобильными системами активной безопасности
- 810 **Жихарев А.Г., Корсунов Н.И., Маматов Р.А., Щербинина Н.В., Пономаренко С.В.**
О разработке адаптивной образовательной платформы с использованием технологий машинного обучения
- 820 **Конев К.А.**
Использование методов машинного обучения в задачах принятия решений при обеспечении качества в приборостроении

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 833 **Жиляков Е.Г., Лубков И.И., Болгова Е.В.**
Анализ и аппроксимация функций по эмпирическим данным на основе субполосных представлений
- 854 **Урсол Д.В.**
Сигнально-кодвые конструкции для передачи информации с минимальной межканальной интерференцией
- 863 **Константинов И.С., Гайворонский В.А.**
Формирование данных о пространстве многокамерными видеосистемами

ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES

2022. Volume 49, No. 4

Until 2020, the journal was published with the name "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 (2.3.1 The system analysis, management and information processing (on branches) (from 01.02.2022), 05.13.17 Theoretical Foundations of Informatics (from 12/28/2018 to 10/16/2022), 1.2.2 Mathematical modeling numerical methods and program complexes (from 01.02.2022), 08.00.05 Economy and management of a national economy (by branches and spheres of activity) (from 12/28/2018 to 10/16/2022), 5.2.4 Finance, monetary circulation and credit) (since 02/01/2022). 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, Professor 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. Lyschikova, 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, Associate Professor 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 (Central Research Institute of the Air Force of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia)

O.V. Vaganova, doctor of Economic Sciences, 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)

O.A. Ivashchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information and Robotic Systems (BSU, Belgorod, Russia)

A.V. Koskin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies (Oryol State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia)

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, Professor of the Department of Business Analytics (Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia)

T.V. Nikitina, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Department of banks and financial markets and insurance, Director of the International Center for Financial Market Research (Saint-Petersburg State University of Economics, Saint-Petersburg, 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)

T.L. Ten, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Digital Technologies and Innovations (Karaganda Economic University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda, Kazakhstan)

A.A. Chernomorets, Doctor of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies (BSU, Belgorod, Russia)

ISSN 2687-0932

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

Publication frequency: 4/year

Commissioning Editor Y.V. Ivakhnenko. Pag Proofreading, computer imposition, page layout by T.V. Mezerya. Typeface Times New Roman, Arial Narrow, Arial. Publisher's signature 24.2. Date of publishing 30.12.2022. The layout was prepared 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

- 645 **Pyankova S.G., Mitrofanova I.V., Ergunova O.T.**
Geobrending as a Driver of Regional Development in Conditions of Instability
- 661 **Hryseva A.A., Akimova O.E., Volkov S.K.**
Models of Creative Centers within the Concept of Spatial Development of Rural Areas
- 677 **Chistnikova I.V.**
Comparative-Static Approach to the Analysis of Structural Shifts in the Regional Economy

INVESTMENT AND INNOVATIONS

- 684 **Avilova V.V.**
On Adjustment the Goal-Setting of the Russian Industrial Strategy and Environmental Agenda in a Turbulent Economic Environment
- 693 **Koch L.V., Koch Yu.V., Daneikin Yu.V.**
Valuation of Intellectual Capital: an Investor's View
- 707 **Lavrinenko E. A., Bondareva Ya. Yu., Lyschikova Yu. V.**
Development of Methodological Tools for Evaluating and Selecting High-Tech Investment Projects with in the Framework of World-Class Scientific and Educational Centers (RECs)

SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

- 718 **Bogomazova I.V., Klimova T.B.**
Digital Services and the Tourist Ecosystem in the Development of Domestic Tourism
- 731 **Zhilinkova K.B., Zhilinkova L.A.**
Analysis of the Role of the Internet Trading Platform as a Direction for Improving State Regulation of the Agricultural Market of the Region
- 738 **Starikova M.S., Kucheryavenko S.A., Ponomareva T.N.**
Marketing Specifics of the Implementation of Educational Programs and Competitive Positioning of the University
- 749 **Yaroshevich N.Yu., Komarova O.V.**
Methodological Approach to the Selection of Tools for Selective Industrial Policy: Dynamic Analysis of the Agricultural Machinery Market

FINANCES OF THE STATE AND ENTERPRISES

- 767 **Dorofeev M.L.**
Overcoming Poverty Among Pensioners and Raising the Level of Pension Provision in the Conditions of Structural Reforms in the Russian Economy

COMPUTER SIMULATION

- 782 **Titov A.I., Korsunov N.I.**
Object Identification Method in Robot Vision Systems
- 788 **Matorin S.I., Zhikharev A.G., Buzov P.A., Gubkina L.A.**
Modeling Management when Building a Quality Management System Using a System-Object Approach

SYSTEM ANALYSIS AND MANAGEMENT

- 798 **Kireev V.A., Bobyntsev D.O.**
Method and Algorithm for Recognizing an Emergency Situation when Overriding Vehicle Active Safety Systems
- 810 **Zhikharev A.G., Korsunov N.I., Mamatov R.A., Shcherbinina N.V., Ponomarenko S.V.**
On the Development of an Adaptive Educational Platform Using Machine Learning Technologies
- 820 **Konev K.A.**
Use Machine Learning Methods in Decision Making to Ensure Quality in Instrument Manufacturing

INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

- 833 **Zhilyakov E.G., Lubkov I.I., Bolgova E.V.**
Analysis and Approximation of Functions from Empirical Data Based on Subband Representations
- 854 **Ursol D.V.**
Signal-Code Structures for Information Transmission with Minimal Adjacent Channel Interference
- 863 **Konstatntinov I.S., Gaivoronskiy V.A.**
Formation of Area Data by Multi-Camera Video Systems

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

УДК 332.146:339.137.2

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-645-660

Геобрендинг как драйвер развития региона в условиях нестабильности

¹ Пьянкова С.Г., ^{2,3} Митрофанова И.В., ⁴ Ергунова О.Т.

¹ Уральский государственный экономический университет,
Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45
² Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН
Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, просп. Чехова, 41

³ Волгоградский государственный университет,
Россия, 40062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100

⁴ Санкт-Петербургский филиал Национального исследовательского
университета «Высшая школа экономики»,
Россия. 190008, г. Санкт-Петербург, ул. Союза Печатников, 16

E-mail: silen_06@list.ru, mitrofanova@volsu.ru, ergunova-olga@yandex.ru

Аннотация. Представлен исследовательский анализ эволюции концепции геобрендинга как инструмента территориального развития регионов РФ. Элементом оригинальности исследования является попытка переопределить концепцию брендинга территории, чтобы она была более значимой с точки зрения пространственного анализа. Эмпирической базой исследования послужили сайты, страницы в социальных сетях исследованных субъектов Уральского федерального округа РФ, рекомендации Международной ассоциации по измерению и оценке коммуникации, данные аналитических исследований Global Soft Power Index, ВНИЦ R&C, а также результаты интервьюирования и анкетирования. Методологическую базу исследования составляют методы исторического, системного и сравнительного анализа. Результаты: осуществлен анализ современных инструментов и технологий геобрендинга, используемых для формирования и поддержания имиджа субъектов УрФО РФ на рынке территорий, а также представлены рекомендации по оптимизации их применения. Авторы особый акцент сделали на выявлении специфики формирования территориальных брендов регионов с помощью контент-анализа. Основной целью исследования является представление единой территориальной модели классификации брендов на межрегиональном уровне. В результате обзора отечественной и зарубежной научной литературы по этому вопросу было проведено исследование территориальных брендов 6 субъектов УрФО РФ. Результаты этого исследования привели к созданию факторной модели управления брендом региона. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения авторских предложений в практической деятельности по совершенствованию процесса территориального брендинга регионов РФ в условиях нестабильности.

Ключевые слова: регион, брендинг территории, геобренд, территориальное развитие, пространственное планирование, имидж региона, региональная политика.

Для цитирования: Пьянкова С.Г., Митрофанова И.В., Ергунова О.Т. Геобрендинг как драйвер развития региона в условиях нестабильности. Экономика. Информатика, 49(4): 645–660. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-645-660

Geobranding as a Driver for Regional Development in Conditions of Instability

¹ Svetlana G. Pyankova, ^{2,3} Inna V. Mitrofanova, ⁴ Olga T. Ergunova

¹ Ural State University of Economics

62/45 8 March St / Narodnaya Volya St, Yekaterinburg, 620144, Russia

² Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

41 Chekhov St, Rostov-on-Don, 344006, Russia

³ Volgograd State University,

100 Universitetsky Pros., Volgograd, 400062, Russia

⁴ St. Petersburg Branch of the National Research University Higher School of Economics

16 Pechatnikov St, St. Petersburg, 190008, Russia

E-mail: silen_06@list.ru, mitrofanova@volsu.ru, ergunova-olga@yandex.ru

Abstract. The authors of the article presented a research analysis of the evolution of the concept of geobranding as a tool for the territorial development of the regions of the Russian Federation. An element of the originality of the study is an attempt to redefine the concept of territory branding so that it is more meaningful in terms of spatial analysis. Methods: The empirical basis of the study was the websites, pages in social networks of the studied subjects of the Ural Federal District of the Russian Federation, recommendations of the International Association for the Measurement and Evaluation of Communication, data from analytical studies of the Global Soft Power Index, All-Russian Research Center R&C, as well as the results of interviews and questionnaires. The methodological basis of the research is the methods of historical, systemic and comparative analysis. Results: the analysis of modern geobranding tools and technologies used to create and maintain the image of the subjects of the Ural Federal District in the territory market was carried out, and recommendations for optimizing their use were presented. The authors made a special emphasis on identifying the specifics of the formation of territorial brands of regions using content analysis. The main goal of the study is to present a unified territorial model for classifying brands at the interregional level. As a result of a review of domestic and foreign scientific literature on this issue, a study was conducted the territorial brands of 6 subjects of the Ural Federal District of the Russian Federation. The results of this study led to the creation of a territorial brand model in regional development. The practical significance of the study lies in the possibility of using the author's proposals in practical activities to improve the process of territorial branding of the regions of the Russian Federation in conditions of instability.

Key words: region, territory branding, geobrand, territorial development, spatial planning, image of the region, regional policy.

For citation: Pyankova S.G., Mitrofanova I.V., Ergunova O.T., 2022. Geobranding as a Driver for Regional Development in Conditions of Instability. Economics. Information technologies, 49(4): 645–660 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-645-660

Введение

Вопросы нестабильности внешней среды функционирования регионов РФ актуализируют исследование понятийного аппарата брендинга в территориальном разрезе с учетом особенностей управления на мезоуровне. В этом смысле геобрендинг должен включать в себя аспекты процесса расширенного воспроизводства экономики субъекта РФ, определяющего конкурентоспособность территории как единого хозяйствующего субъекта в условиях неопределенности и быстрой трансформации политических, экономических, технологических и социальных факторов макросреды, что в итоге определяет высокую значимость форм и методов регионального регулирования и координации усилий по формированию имиджа территории. В этих условиях принципиально новые цели и задачи территориального управления в РФ создают основу для адаптации существующей

теоретико-методологической базы в области геобрендинга к пространственному развитию территорий [Ергунова, 2012; Пьянкова, Комбаров, 2022].

Геобрендинг, как самостоятельное определение местными стейкхолдерами основных тенденций устойчивого социально-экономического развития территорий, получил распространение в развитых странах с 90-х годов XX века. Так, С. Анхольт утверждает, что терминология, используемая для брендинга места, является спорной и может привести к неадекватности в ее применении [Anholt, 2010]. В научной литературе понятия территориального брендинга и брендинга места часто синонимичны, однако они имеют разные значения в зависимости от географического положения, где они используются [Almeida, 2018]. Брендинг места, представляющий собой администрирование мест как компаний [Котлер, Хайдер, Рейн, Асплунд, 2005], и брендинг места, который фокусируется на имидже и репутации места [Старкова, 2017], являются разными дисциплинами. Поэтому менеджмент и бренд не разделяют одну и ту же позицию, ибо они также отличаются друг от друга. По мнению Г. Алмейда брендинг места – это процесс управления, а территориальный бренд – продукт этого менеджмента [Almeida, 2018].

Этот подход соответствует и точке зрения С. Анхольта, который утверждает, что исследования по брендингу места часто неправильно согласуются с определением бренда, найденным в маркетинговой литературе [Anholt, 2010]. Российский исследователь А. Панкрухин, определяя первоначально только категорию «маркетинг территории», подчеркивал, что объектом внимания последнего является территория в целом и ее бренд [Панкрухин, 2006]. Тем не менее, концепция брендинга места в настоящее время консолидированная и не может рассматриваться исключительно как бренд, знак или символ, поскольку она также касается управления репутацией и имиджем места, контекстами, в которые также вставлен бренд.

Последствия пандемии Covid-19 привнесли много новых нюансов и трансформировали сложившиеся и устоявшиеся отношения в области формирования и продвижения территории. С началом пандемии в РФ произошла трансформация подхода к продвижению туристических дестинаций, благодаря инструментам национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства», утверждённого в мае 2021 г. Так, по итогам 2021 г. по темпам восстановления после пандемии показателей туристической отрасли Россия показала один из лучших результатов в мире. В рамках нацпроекта реализуется более 100 мероприятий, направленных на развитие сферы туризма в субъектах РФ. Трансформация геополитической ситуации в мире и расширение экономических санкций против России резко изменили представление о международной репутации страны и способствовали ухудшению инвестиционного имиджа ее регионов.

По данным исследования восприятия национальных брендов Global Soft Power Index за 2022 г. после негативных оценок на фоне обострения военного конфликта России и Украины было зафиксировано самое большое падение стоимости бренда РФ среди всех мировых национальных брендов: с 786 млрд долл. США в 2021 г. до 642 млрд долл. США в 2022 г., т.е. на 144 млрд долл. США или 1000 долл. США на человека по сравнению с 2021 г., что также отражает ущерб отечественным коммерческим брендам, возможности страны получить доступ к капиталу, а также ее потенциалу влияния восприятия во всем мире [Global Soft Power Index, 2022]. Широкомасштабные экономические санкции, введенные против России, усугубили проблемы в области здравоохранения, социальной и экономической жизни, вызванные кризисом COVID-19. До пандемии в 2019 г. национальный бренд России оценивался в 960 млрд долл. США, но с тех пор он упал на треть, оказавшись лишь на 24 месте среди мировых брендов.

В условиях нестабильности или «новой нормальности» можно наблюдать усиление конкуренции среди субъектов РФ на межрегиональном уровне, активизацию поиска новых методов формирования имиджа территории, в т. ч. и на федеральном уровне.

Обзор литературы

По определению основоположников концепции «геобрендинга» брендинг территорий в основном включает подход «сверху вниз», возглавляемый правительствами и агентствами, работающими над достижением целей социально-экономического развития территорий [Anhold, 2005]. В теории брендинга установленный подход к стратегическому управлению брендом предполагает, что организация является местом контроля [Kalandides, 2011]. Однако в последнее время рынок переместил свою власть на потребителей, предполагая, что на капитал бренда все больше влияет деятельность, неподконтрольная компаниям [Allen, Fournier, Miller, 2008]. Следовательно, появился социокультурный подход к брендингу, который рассматривает бренды как социально сконструированные и зависящие от множества участников, коллективно развивающих идентичность бренда [Preese, Kerrigan, 2015; Корнилова, 2019; Ва- женина, 2010].

В последние десятилетия исследования территориального брендинга предложили подход, ориентированный на заинтересованные стороны, который фокусируется на интересах различных участников: жителей, туристов, владельцев бизнеса, государственных органов и различных организаций в практике территориального брендинга [Gulisova, Horbel, Noe, 2021]. Такой акцент привел к появлению концепций, представленных в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Концепции геобрендинга Geobranding concepts

Название концепции геобрендинга	Представители
Вовлечение заинтересованных сторон и вовлечение заинтересованных сторон в контексте брендинга мест	Houghton J.P., Stevens A. [Houghton, Stevens, 2011]; Gelder S.v. [Gelder, 2011]
Совместное создания бренда мест	Kavaratzis M., Hatch M.J. [Kavaratzis, Hatch, 2013]
Брендинг мест своими руками	King C., Кроммелин L. [King, Crommelin, 2013]
Брендинг разнообразия	Ren C., Stilling Blichfeldt B. [Ren, Stilling Blichfeldt, 2011]
Коллективный и инклюзивный брендинг мест	Jernsand E.M., Kraff H. [Jernsand, Kraff, 2015]; Kavaratzis M., Giovanardi M., Lichrou M. [Kavaratzis, Giovanardi, Lichrou, 2017]

Примечание. Составлено авторами

Несмотря на движение к коллективным и инклюзивным подходам, центральное предположение, которое все еще пронизывает литературу по брендингу мест, состоит в том, что существует некая доминирующая организация, стратегически работающая над организацией процесса брендинга мест. Хотя эта организация и может приглашать и вовлекать различных заинтересованных лиц на разных этапах, но она сохраняет доминирование над процессом брендинга территории. Однако в практической плоскости в региональном срезе в РФ данный подход практически не применяется в настоящее время.

Основываясь на этом феномене, в зарубежной научной литературе для определения территориального бренда важна привязка к географическому месту: страны (бренд страны; национальный бренд), острова (бренд места), штаты (государственный бренд), регионы (региональный бренд), города (бренд города), улицы (бренд места) и т.д. [Anderssen, 2015; Ashworth, 2005; Hankinson, 2015; Kavaratzis, Warnaby, Ashworth, 2015]. В отечественной науч-

ной литературе можно обнаружить различные дефиниции для определения территориального бренда в разных географических масштабах – «региональный брендинг», «брендинг места», «брендинг города», «территориальный брендинг» [Паршин, 2015; Суламан, 2021]. Каждая из этих категорий имеет как общие, так и частные характеристики.

В 2010 г. Дж. Сисснер представила брендинг места как процесс локального создания на основе четырех пространственных уровней: район, муниципалитет, функциональный регион и округ [Syssner; 2010]. Область регионального развития противопоставляет термины регион, территория и место. Следовательно, очевидно, что не хватает исследований, которые дают нам модель классификации территориальных брендов в контексте регионального развития в РФ.

Для того, чтобы внести свой вклад в заполнение этих пробелов в исследованиях, целью настоящего исследования является оценка исследований, опубликованных по типологиям территориальных брендов в рамках территориального и регионального развития, а также представление теоретической модели для их классификации.

Концепция территории разделяется с брендом при использовании паутины властных отношений, которые являются как согласованными, так и конфликтующими. Однако из-за отсутствия территориального бренда в более широком контексте в междисциплинарной литературе по типологии, например, касающейся регионального развития, возникают сомнения и недоразумения относительно его типов, категорий и классификаций.

Что касается территориального бренда, в научной литературе часто ведутся дискуссии о размещении брендинга в разные области: городское и региональное развитие, коммуникация, туризм, маркетинг, брендинг, международные отношения, публичная дипломатия, государственное управление, география, городское управление и смежные области. На самом деле, номенклатуры, используемые для территориального бренда, разнообразны: бренд места, бренд города, бренд территории, бренд нации, бренд страны, региональный бренд, городской маркетинг, туристический бренд и другие. Для классификации территориальных брендов в рамках регионального развития в таблице 2 представлены определения и дефиниции, составляющие территориальную типологию бренда.

Таблица 2
Table 2

Классификации территориальных брендов в рамках регионального развития
Classifications of territorial brands within the framework of regional development

Авторы	Концепция
Лавров А.М., Сурнин В.С. [Лавров, Сурнин, 1994]	Шкалы обозначают различные типы покрытия пространства (страна, регион, штат, город и т.д.)
Val M.G.C., dos Santos E.M., Barros L.F.P., Mariz L., Rezende L.C., de Souza M.J.F. [Val, dos Santos, Barros, Mariz et al., 2007].]	В систематических исследованиях интуитивные и концептуальные типы и различия часто используются для определения категорий территориального бренда, которые контрастируют друг с другом.
Raffestin C. [Raffestin; 2015], Flores M. A. [Flores, 2006]	Границы территории определяются властными отношениями в процессе формирования бренда территории
Гутман Г., Мироедов А., Федин С. [Гутман, Мироедов, Федин, 2002]	Способы выражения бренда территории
Важенина И. [Важенина, 2006]	Культурные, экономические, социальные, экологические и политические измерения бренда территории
Molm L.D., Collett J.L., Schaefer D.R. [Molm, Collett, Schaefer, 2007]	Географические различия в стратегии восприятия бренда территории социальными акторами территории
Котлер Ф., Асплунд К., Рейн И., Хайдер Д. [Котлер, Хайдер, Асплунд, 2005]	Соответствие географическому масштабу продвижения территории

В российской и зарубежной научной литературе также имеется большое количество самых разнообразных исследований на темы, связанные с имиджем территории и формированием ее бренда. Например, Д. Хоутон, Э. Стивенс исследовали различные подходы к определению и структуре имиджа [Хоутон, Стивенс, 2013], а Л.Д. Молм, Дж.Л. Коллетт, Шефер Д.Р. Молм – их классификации [Molm, Collett, Schaefer, 2007]; Логунцова И. посвятила свои исследования современному инструментарию формирования территориальных брендов [Логунцова, 2017].

Тем не менее, многие вопросы формирования бренда территории остаются пока нерешенными. К таковым, например, можно отнести классификацию современных технологий создания бренда территории; определение инструментов прогнозной оценки влияния различных управленческих решений на геобрендинг; способы отделения реального имиджа стейкхолдеров от транслируемого ими образа и т.д. Большое количество нерешенных вопросов только усиливает актуальность темы исследования и требует дальнейшей проработки проблемы формирования территориальных брендов на мезоуровне.

Методология исследования

В процессе решения поставленных задач, а именно в обосновании инструментов и технологий геобрендинга, используемых для формирования и поддержания имиджа субъектов УрФО на рынке территорий, использовались общенаучные методы (диалектический, причинно-следственного анализа). Методы качественного и количественного анализа, контент-анализа применены при изучении зарубежного и отечественного опыта формирования и продвижения территориальных брендов, а также создания единой территориальной модели классификации брендов на межрегиональном уровне. В результате обзора отечественной и зарубежной научной литературы по этому вопросу было проведено исследование территориальных брендов шести субъектов УрФО РФ. Авторами для оценки территориальных брендов регионов был определен ряд критериев для анализа вторичных источников информации: восприятие бренда региона (в рейтингах); проработанность, прозрачность и заметность мер по продвижению бренда территории; степень достижения заявленных целей по формированию бренда региона; использование инструментов геобрендинга, продвижение региональных товаров-брендов.

В результате критериального анализа методики и практики формирования территориальных брендов субъектов УрФО в соответствии с нижеприведенными источниками информации представлена:

- 1) информация, связанная с формированием бренда территории (по данным официальных сайтов администраций субъектов УрФО РФ);
- 2) рейтинг событийного потенциала регионов России (по данным ВНИЦ R&C);
- 3) оценка представленности брендов региональных товаров, зарегистрированных в реестре Федеральной службы по интеллектуальной собственности;
- 4) национальный рейтинг туристического потенциала регионов РФ журнала о внутреннем и въездном туризме «Отдых в России».

Авторами выполнена балльная оценка в соответствии со следующей шкалой: 0 – преобладает неудовлетворительная информация или не ведется работа в данном направлении; 0,5 – имеется противоречивая информация; 1 – оцениваемый параметр удовлетворителен.

Результаты исследования и дискуссия

Определяя различные типы территориальных брендов, они могут быть разделены более конкретным образом (например, в категории географических территориальных брендов есть два типа брендов: географическое указание и наименование места происхождения; в категории территориальных брендов по масштабу у нас есть пять типов территориальных брендов: местные, региональные, государственные, национальные, международные, и т.д.). Про-

веденный контент-анализ средств массовой информации официальных сайтов администраций регионов Уральского федерального округа РФ (далее – УрФО РФ) позволил охарактеризовать имеющиеся бренды регионов УрФО РФ на 2022 г. (см. табл. 3).

Анализ данных таблицы 3 показывает, что каждый регион отличается уникальностью и дифференциацией, так как все регионы исследуемого округа сформировали и продвигали, как минимум, один территориальный бренд. Однако в Тюменской и Свердловской областях разработанные бренды имеют отсылку к макрорегионам (Сибири и Уралу) без указания самого субъекта, что не позволяет четко идентифицировать территории как продукт с набором уникальных свойств.

Таблица 3
Table 3

Характеристики брендов субъектов УрФО РФ
Characteristics of brands of subjects of the Ural Federal District of the Russian Federation

Субъект УрФО РФ	Вид бренда	Логотип	Слоган	Основа фирменного стиля
Свердловская область	Экспортный		Сделано на Урале	Образы уральских гор, заводов, самоцветов, а также сказов Бажова
Челябинская область	Туристический		В каждом из нас живет путешественник	Объединяет в себе две основные особенности названия – теплое южное солнце и уральские горы
Курганская область	Инвестиционный		Курган – это территория вольных людей	Ключевые элементы – буква К внутри сердца. Стрелка вверх означает развитие. Треугольники – холмы с герба
Тюменская область (без округов)	Туристический		Открой окно в сердце Сибири	Резной наличник – символ деревянной архитектуры
Ханты-Мансийский АО	Инвестиционный		Югра открыта для	Коллаж из букв «U» и «O», которые вместе образуют букву «Ю» – первую в названии региона
Ямало-Ненецкий АО	Торговый		Сделано на Ямале	Текстовая часть и графический знак – фрагменты стилизованного ямальского орнамента

Примечание. Составлено авторами

Методика анализа определила специфику исследуемой выборки, ограничив его уровнем субъектов УрФО РФ, при этом в 65% исследуемых регионов ведется активная работа по формированию муниципальных брендов. Так, в административном центре Свердловской области в Екатеринбурге 22 июля 2022 г. был презентован логотип 300-

летия города, ставший победителем народного голосования на сайте мэрии среди более 200 конкурентов, в голосовании приняли участие 8 тысяч горожан. До этого в 2015 г. был утвержден вариант логотипа Екатеринбурга, квадратный контур которого отсылал к форме крепости, с которой начинался город. Данный логотип Екатеринбурга был также выбран на конкурсной основе из 330 работ, при этом организаторы конкурса передали авторские права администрации города, после чего была подписана «открытая лицензия» для его использования. В таблице 4 представлены позиции субъектов УрФО РФ в рейтингах туристического и событийного потенциалов.

Таблица 4
Table 4

Рейтинги туристического и событийного потенциалов субъектов УрФО (2021 г.)
 Ratings of tourism and event potentials of the subjects of the Ural Federal District (2021)

Субъект УрФО РФ	Интегральный показатель туристского потенциала	Интегральный показатель событийного потенциала
Свердловская область	91,8	0,865
Челябинская область	96,4	0,546
Курганская область	33,4	0,332
Тюменская область (без округов)	90,8	0,678
Ханты-Мансийский АО	63,1	0,579
Ямало-Ненецкий АО	31	0,379

Примечание. Составлено авторами

Три региона УрФО РФ: Челябинская, Свердловская и Тюменская области вошли в первую «золотую» двадчатку национального рейтинга туристического потенциала регионов РФ, при этом лидером среди субъектов УрФО РФ стала Челябинская область. Тюменская область, с недавних пор несущая звание термальной столицы России, в национальном рейтинге туристического потенциала регионов РФ по итогам 2021 г. заняла 16-е место, уступив всего один пункт Свердловской области. Во вторую, «серебряную» группу национального рейтинга с условным названием «Крепкие профи» вошел Ханты-Мансийский автономный округ – Югра. Аутсайдерами рейтинга с условным названием «Начальный уровень» стали Курганская область – 33,4, Ямало-Ненецкий автономный округ – 31. При этом за 2021 год данные регионы ослабили свои позиции в рейтинге, что отражает проблемы с грамотным позиционированием и продвижением регионов.

По данным рейтинга событийного потенциала регионов России за 2021 г. можно сделать вывод, что лидирующее положение занимают следующие регионы: Свердловская и Тюменская области, Ханты-Мансийский автономный округ, имеющие четкое позиционирование своей дестинации, стратегию продвижения ее на внешнем и внутреннем рынке, а также предпринимающие активные усилия по продвижению себя на рынке [Рейтинг событийного потенциала ..., 2021]. Тюменская область уменьшила разрыв по баллам со Свердловской областью за счет лидерства по показателям, связанным с опытом проведения мероприятий и привлечения крупных международных событий в регион. Ханты-Мансийский автономный округ выделяется среди других субъектов УрФО РФ относительно высокими показателями в части стратегии формирования имиджа региона и ее поддержке [там же]. В таблице 5 представлены данные о наличии в регионах УрФО зарегистрированные в Роспатенте географические указания и наименования мест происхождения товаров-региональных брендов.

Таблица 5

Table 5

Субъекты УрФО, для региональных товаров которых зарегистрированы географические указания (ГУ) и наименования мест происхождения товаров (НМПТ)

Subjects of the Ural Federal District, for whose regional goods geographical indications (GI) and appellations of origin (AO) are registered

Субъект УрФО	Зарегистрированные НМПТ	Зарегистрированные ГУ
Свердловская область	№ 42 Обуховская-11 № 70 Обуховская-13 № 76 Обуховская 10 № 119 Обуховская-1 № 121 Обуховская-14 № 202 Тагильский поднос №204 Обуховская-12	№ 294 Тагильское пиво
Челябинская область	№ 6 Коелгинский мрамор № 7 Златоустовская гравюра на стали № 16 Уфалейский мрамор № 26 Кусинское литье № 48 Каслинское литье № 185 Минеральная вода «Карагайский бор»	–
Курганская область	№ 54 ШАДРИНСКАЯ № 88 ШАДРИНСКАЯ-1 № 183 Шадринская береста № 189 Курганское льняное масло	№ 288 Шадринский пряник
Тюменская область (без округов)	№ 158 Тобольская резная кость	
Ханты-Мансийский АО	–	–
Ямало-Ненецкий АО	–	–

Примечание. Составлено по данным Роспатента [Субъекты Российской Федерации, 2021]

По данным таблицы 5 можно сделать вывод, что только в 4 регионах ведется работа по регистрации в Роспатенте географических указаний и наименований мест происхождения товаров – региональных брендов. В таблице 6 представлены результаты оценки эффектов применения инструментов «мягкой силы» в формировании имиджа субъектов УрФО РФ.

Таблица 6

Table 6

Оценка эффектов применения инструментов «мягкой силы» в формировании имиджа субъектов УрФО РФ

Evaluation of the effects of using “soft power” tools in shaping the image of the subjects of the Ural Federal District of the Russian Federation

Субъект УрФО РФ	Восприятие бренда	Использование инструментов	Проработанность	Достигнутые результаты	Продвижение региональных товаров-брендов	Интегральная оценка
Свердловская область	1	1	1 Не подвергался изменениям	0,5 В связи с пандемией COVID-2019, экономическим кризисом 2022 г. ожидаемые показатели не достигнуты	1	4.5

Окончание табл. 6

Субъект УрФО РФ	Восприятие бренда	Использование инструментов	Проработанность	Достигнутые результаты	Продвижение региональных товаров-брендов	Интегральная оценка
Челябинская область	1	0,5	0,5 Подвергался изменениям	0,5 В связи с пандемией COVID-2019, экономическим кризисом 2022 г. ожидаемые показатели не достигнуты	1	3.5
Курганская область	0	0,5	0,5 В процессе актуализации	0,5 В связи с пандемией COVID-2019, экономическим кризисом 2022 г. ожидаемые показатели не достигнуты	1	2.5
Тюменская область (без округов)	1	0,5	0,5 В процессе актуализации	0,5 В связи с пандемией COVID-2019, экономическим кризисом 2022 г. ожидаемые показатели не достигнуты	1	3.5
Ханты-Мансийский АО	0,5	0,5	0,5 В процессе актуализации	0,5 В связи с пандемией COVID-2019, экономическим кризисом 2022 г. ожидаемые показатели не достигнуты	0	2.0
Ямало-Ненецкий АО	0,5	0,5	0,5 В процессе актуализации	0,5 В связи с пандемией COVID-2019, экономическим кризисом 2022 г. ожидаемые показатели не достигнуты	0	2,0

Примечание. Составлено авторами

Анализ полученных данных в таблице 6 позволяет сделать вывод, что регионы с большими позитивными эффектами в области геобрендинга характеризуются более высоким уровнем управления территориальными брендами. Данная процедура позволила наблюдать за использованием (или его отсутствием) логотипа территориального бренда, его словесным вариантом (фирменным наименованием), слоганом и масштабом, к которому относится каждый из проанализированных территориальных брендов.

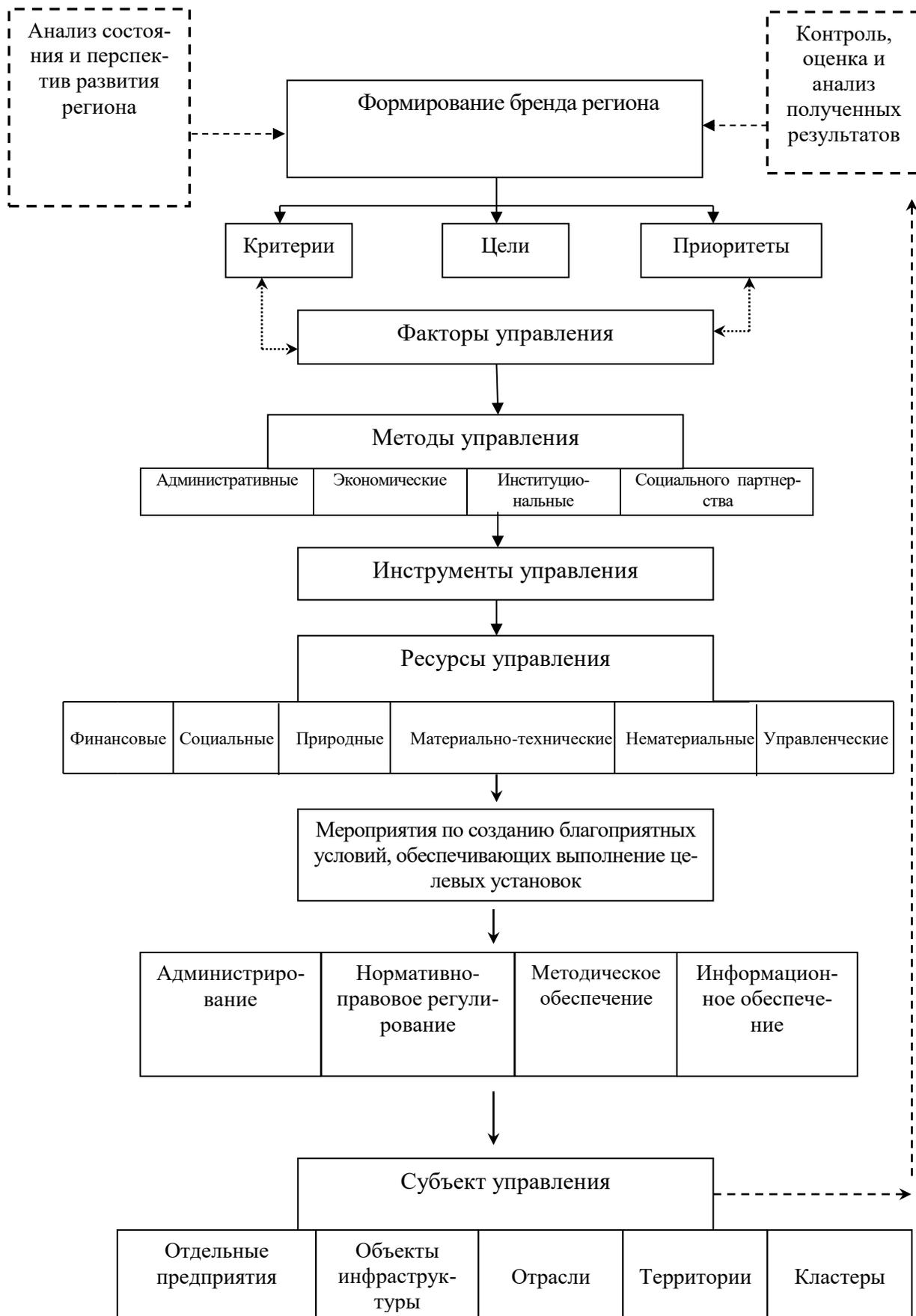


Рис. 1. Факторная модель управления брендом региона
 Fig.1. Factor model of region brand management

Заключение

Оценивая возможные подходы к оптимизации формирования и функционирования механизма геобрендинга, необходимо сформировать модель территориального бренда. Однако территориальные бренды спроектированы таким образом, что видны только части запланированного дискурса, а не весь дискурс, который относится к реальным намерениям социальных акторов в воспроизводственном процессе территории, например, политическим, экономическим и символическим и культурно-культурным аспектам. Когда территориальный бренд намеренно управляется и планируется, его также можно рассматривать как стратегию территории, когда дело доходит до использования и отождествления территории, как сам социальный актор.

Исходя из сущности и структуры процессов, осуществляемых в механизме территориального брендинга, на рисунке 1 представлена соответствующая модель. При этом необходимо отметить, что углубление отношений между брендами и территориями, как созданными, так и формирующимися, является важным этапом в восприятии территориального бренда как инструмента управления для построения репутации и имиджа региона.

Каждый этап управления брендом региона ориентирован на правильное его позиционирование на межрегиональном уровне. Суть в том, чтобы воспринимать территориальный бренд как еще одного социального актора наряду с самой территорией, который поддерживает и создает властные отношения в пространственном отношении. Благодаря этим отношениям, установленным или строящимся, территориальные бренды могут дифференцировать себя и создавать свою собственную категорию. Исследование также вносит четкий, практический, социальный контекстуальный вклад, поскольку оно дает четкое представление о том, как классифицировать территориальный бренд и позволяет заинтересованным сторонам описывать тип бренда, который они хотят, а также тип роли, которую эти социальные субъекты должны играть в обозначении бренда. Кроме того, предложенная модель определяет типы властных отношений, которые могут поддерживать социальные акторы. Из этого понимания вытекают различные типы развития, включая местные, территориальные, региональные, культурные, технологические, экономические, туристические и т.д.

Список источников

- Рейтинг событийного потенциала регионов России. Выставочный научно-исследовательский центр. URL: https://rnc-consult.ru/netcat_files/userfiles/docs/rejting-sobytiynogo-potenciala-regionov-2021.pdf (дата обращения 02.10.2022).
- Субъекты Российской Федерации, для региональных товаров которых зарегистрированы географические указания (ГУ) и наименования мест происхождения товаров (НМПТ). URL: <https://rospatent.gov.ru/ru/sources/regional-brands/regional-brands-map> (дата обращения: 30.09.2022).
- Almeida G.G.F. Marca territorial como produto cultural no âmbito do Desenvolvimento Regional: O caso de Porto Alegre, RS, Brasil. PhD. Thesis, University Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, Brazil, 2018. URL: <https://repositorio.unisc.br/jspui/handle/11624/2246> (дата обращения: 10.09.2022).
- Anderssen I. Geographies of Place Branding. Researching through small and medium-sized cities. Stockholm University, 2015. 71 p. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:798832/FULLTEXT01.pdf> (дата обращения: 01.10.2022).
- Flores M.A. A Identidade Cultural do território como base de estratégias de desenvolvimento – uma visão do estado da arte. Contribuição para o Projeto Desenvolvimento Territorial Rural a partir de Serviços e Produtos com Identidade – RIMISP. Março, 2006. 47 p. URL: https://indicadores.fecam.org.br/uploads/28/arquivos/4069_FLORES_M_Identidade_Territorial_como_Base_as_Estrategias_Desenvolvimento.pdf (дата обращения: 06.10.2022).
- Global Soft Power Index, 2022. URL: <https://brandirectory.com/softpower/> (дата обращения: 13.09.2022).
- Val M.G.C., dos Santos E.M., Barros L.F.P., Mariz L., Rezende L.C., de Souza M.J.F. Produção Escrita: trabalhando com Gêneros Textuais. Belo Horizonte: Ceale/FaE/UFMG. Brazil, 2007. 68 p. URL:

https://www.ceale.fae.ufmg.br/files/uploads/PNAIC%202017%202018/PRODUCAO_ESCRITA-prof.pdf (дата обращения: 01.10.2022).

Список литературы

- Важенина И.С. 2010. Имидж и репутация территории. Региональная экономика: теория и практика, 23(158): 2–12.
- Важенина И. С. 2006. Имидж и репутация территории как основа продвижения в конкурентной среде. Маркетинг в России и за рубежом, 6: 82–98.
- Гутман Г.В., Мироедов А.А., Федин С.В. 2002. Управление региональной экономикой. М.: Финансы и статистика, 175.
- Ергунова О.Т. 2012. Построение маркетингоориентированной системы управления развитием экономики региона. Экономика. Предпринимательство и право, 2: 3–7.
- Корнилова К.С. 2019. Геобрендинг в контексте проблем медиатизации как средство развития территорий и привлечения туристов. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Филология. Журналистика, 19 (4): 469–474. DOI: 10.18500/1817-7115-2019-19-4-469-474.
- Котлер Ф., Хайдер Д., Рейн И., Асплунд К. 2005. Маркетинг мест. Привлечение инвестиций, предприятий, жителей и туристов в города, коммуны, регионы и страны Европы. СПб.: Стокгольмская школа экономики, 382.
- Лавров А.М., Сурнин В.С. 1994. Реформирование экономики: муниципальные аспекты. Региональный маркетинг и тенденции его развития. Кемерово: Кузбассвузиздат, 146.
- Логунцова И.В. 2017. Каналы коммуникации и инструменты продвижения в геобрендинге. Коммуникология, 5 (4): 119–129. DOI: 10.21453/2311-3065-2017-5-4-119-129.
- Панкрухин А. П. 2006. Маркетинг территорий. 2-е изд., дополн. СПб.: Питер, 416.
- Паршин П.Б. 2015. Территория как бренд. Маркетинговая метафора, идентичность и конкуренция. М.: МГИМО-Университет, 195.
- Пьянкова С.Г., Комбаров М.А. 2022. Диспропорции в пространственном развитии России и её экономических районов: выбор точного и корректного метода оценки и способы сглаживания. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз, 3: 75–90. DOI: 10.15838/esc.2022.3.81.4.
- Старкова Н.О. 2017. Теоретические аспекты брендинга региона. *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*, 3-4: 165–176. DOI: 10.20534/AJH-17-3.4-165-176.
- Хоутон Д., Стивенс Э. 2013. Брендинг городов и вовлечение стейкхолдеров. Брендинг территорий. Лучшие мировые практики. Под ред. Динни К. М.: Манн, Иванов и Фербер: 66–76.
- Суламан М.С. 2021. Геобренд: понятие и сущность. Молодой ученый, 24 (366): 296–298.
- Allen C.T., Fournier S., Miller F. 2008. Brand and Their Meaning Makers: Handbook of Consumer Psychology: 781–822.
- Anholt S. 2010. Places: Identity, Image and Reputation. Basingstoke: Palgrave Macmillan. 168 p. DOI: 10.1007/978-0-230-27149-4.
- Anholt S. 2005. Some important distinctions in place branding. *Place Branding and Public Diplomacy*, 1: 116–121. DOI: 10.1057/palgrave.pb.5990011.
- Ashworth G.J. 2005. Place Branding: a useful approach to place management? *Jurnalul Economic*, 8 (16): 45–56.
- Gelder S.V. 2011. City Brand Partnerships. Dinnie K. (eds.). *City Branding*. London: Palgrave Macmillan: 36–44. DOI: 10.1057/9780230294790_5.
- Gulisova B., Horbel C., Noe E. 2021. Rural place branding from a multi-level perspective: a Danish example. *Place Branding and Public Diplomacy*, 17: 231–248. DOI: 10.1057/s41254-021-00204-8.
- Hankinson G. 2015. Rethinking the Place Branding Construct. Springer Books. In: M. Kavartzis, G. Warnaby, G. J. Ashworth (eds.). *Rethinking Place Branding*. Edition 127. Chapter 0: 13–31. DOI: 10.1007/978-3-319-12424-7_2.
- Houghton J.P., Stevens A. 2011. City branding and stakeholder engagement. Basingstoke [u.a.]: Palgrave Macmillan: 45–53.
- Jernsand E.M., Kraff H. 2015. Participatory place branding through design: The case of Dunga beach in Kisumu, Kenya. *Place Branding and Public Diplomacy*, 11(3), 226–242. DOI: 10.1057/pb.2014.34.

- Kalandides A. 2011. The problem with spatial identity: revisiting the «sense of place». *Journal of Place Menegement and Development*, 4(1): 28–39. DOI: 10.1108/17538331111117142.
- Kavaratzis M., Giovanardi M., Lichrou M. 2017. Inclusive place branding: critical perspectives on theory and practice. *Place Branding and Public Diplomacy*. Palgrave Macmillan, 15(2): 143–144. DOI: 10.1057/s41254-018-0108-8.
- Kavaratzis M., Hatch M.J. 2013. The dynamics of place brands: An identity-based approach to place branding theory. *Marketing Theory*, 13 (1): 69–86. DOI: 10.1177/1470593112467268.
- Kavaratzis M., Warnaby G., Ashworth G.J. 2015. *Rethinking place branding: Comprehensive brand development for cities and regions*. London: Springer International Publishing, 248. DOI: 10.1007/978-3-319-12424-7.
- King C., Crommelin L. 2013. Surfing the yinzernet: Exploring the complexities of place branding in post-industrial Pittsburgh. *Place Branding and Public Diplomacy*, 9: 264–278. DOI: 10.1057/pb.2013.24.
- Molm L.D., Collett J.L., Schaefer D.R. 2007. Building Solidarity through Generalized Exchange: A Theory of Reciprocity. *American Journal of Sociology*, 113(1): 205–242.
- Preece C., Kerrigan F. 2015. Multi-stakeholder brand narratives: an analysis of the construction of artistic brands. *Journal of Marketing Management*, 31 (11-12): 1207–1230. DOI: 10.1080/0267257X.2014.997272.
- Raffestin C. 2015. Por uma Geografia do Poder. *Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio*. Rio de Janeiro, 8(14): 116–122.
- Ren C., Stilling Blichfeldt B. 2011. One Clear Image? Challenging Simplicity in Place Branding. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, 11(4): 416–434. DOI: 10.1080/15022250.2011.598753.
- Syssner J. 2010. Place branding from a multi-level perspective. *Place Branding and Public Diplomacy*, 6: 36–48. DOI: 10.1057/pb.2010.1.

References

- Vazhenina I.S. 2010. Imidzh i reputatsiya territorii [Image and reputation of the territory]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*, 23(158): 2–12.
- Vazhenina I. S. 2006. Imidzh i reputatsiya territorii kak osnova prodvizheniya v konkurentnoy srede [The Image and Reputation of a Territory as a Basis for Promotion in a Competitive Environment]. *Marketing v Rossii i za rubezhom*, 6: 82–98.
- Gutman G.V., Miroyedov A.A., Fedin S.V. 2002. *Upravleniye regional'noy ekonomikoy [Management of the regional economy]*. Moscow: Finansy i statistika, 175.
- Yergunova O.T. 2012. Postroyeniye marketingooriyentirovannoy sistemy upravleniya razvitiyem ekonomiki regiona [Building a marketing-oriented system for managing the development of the regional economy]. *Ekonomika. Predprinimatel'stvo i pravo*, 2: 3–7.
- Kornilova K.S. 2019. Geobrending v kontekste problem mediatizatsii kak sredstvo razvitiya territoriy i privlecheniya turistov [Geo-branding in the context of mediatization problems as a means of developing territories and attracting tourists]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Filologiya. Zhurnalistika*, 19 (4): 469–474. DOI: 10.18500/1817-7115-2019-19-4-469-474.
- Kotler F., Khayder D., Reyn I., Asplund K. 2005. *Marketing mest. Privlecheniye investitsiy, predpriyatiy, zhiteley i turistov v goroda, kommuny, regiony i strany Yevropy [Place Marketing. Attracting investments, businesses, residents and tourists to cities, communes, regions and countries of Europe]*. St. Petersburg: Stokgol'mskaya shkola ekonomiki, 382.
- Lavrov A.M., Surnin V.S. 1994. Reformirovaniye ekonomiki: munitsipal'nyye aspekty. *Regional'nyy marketing i tendentsii yego razvitiya [Reforming the Economy: Municipal Aspects. Regional marketing and its development trends]*. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 146.
- Logutsova I.V. 2017. Kanaly kommunikatsii i instrumenty prodvizheniya v geobrendinge [Communication channels and promotion tools in geobranding]. *Kommunikologiya*, 5 (4): 119–129. DOI: 10.21453/2311-3065-2017-5-4-119-129.
- Pankrukhin A.P. 2006. *Marketing territoriy [Territory marketing]*. 2-ye izd., dopoln. St. Petersburg: Piter, 416.
- Parshin P.B. 2015. *Territoriya kak brend. Marketingovaya metafora, identichnost' i konkurentsya [Territory as a brand. Marketing metaphor, identity and competition]*. Moscow: MGIMO-Universitet, 195.

- Pyankova S.G., Kombarov M.A. 2022. Disproporcii v prostranstvennom razvitii Rossii i yeyo ekonomicheskikh rayonov: vybor tochnogo i korrektnogo metoda otsenki i sposoby sglazhivaniya [Disproportions in the spatial development of Russia and its economic regions: the choice of an accurate and correct assessment method and smoothing methods]. *Ekonomicheskiye i sotsial'nyye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz*, 3: 75–90. DOI: 10.15838/esc.2022.3.81.4.
- Starkova N.O. 2017. Teoreticheskiye aspekty brendinga regiona [Theoretical aspects of region branding]. *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*, 3-4: 165–176. DOI: 10.20534/AJH-17-3.4-165-176.
- Houghton D., Stephens E. 2013. Branding gorodov i вовлечениe steykkholdero [City Branding and Stakeholder Engagement]. *Branding territoriy. Luchshiye mirovyye praktiki* [Territory Branding. The best world practices]. Ed. Dinni K. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber: 66–76.
- Sulaeman M.S. 2021. Geobrend: ponyatiye i sushchnost' [Geobrand: concept and essence]. *Molodoy uchenyy*, 24 (366): 296–298.
- Allen C.T., Fournier S., Miller F. 2008. Brand and Their Meaning Makers: Handbook of Consumer Psychology: 781–822.
- Anholt S. 2010. Places: Identity, Image and Reputation. Basingstoke: Palgrave Macmillan. 168 p. DOI: 10.1007/978-0-230-27149-4.
- Anhold S. 2005. Some important distinctions in place branding. *Place Branding and Public Diplomacy*, 1: 116–121. DOI: 10.1057/palgrave.pb.5990011.
- Ashworth G.J. 2005. Place Branding: a useful approach to place management? *Jurnalul Economic*, 8 (16): 45–56.
- Gelder S.v. 2011. City Brand Partnerships. Dinnie K. (eds.). *City Branding*. London: Palgrave Macmillan: 36–44. DOI: 10.1057/9780230294790_5.
- Gulisova B., Horbel C., Noe E. 2021. Rural place branding from a multi-level perspective: a Danish example. *Place Branding and Public Diplomacy*, 17: 231–248. DOI: 10.1057/s41254-021-00204-8.
- Hankinson G. 2015. Rethinking the Place Branding Construct. Springer Books. In: M. Kavaratzis, G. Warnaby, G. J. Ashworth (eds.). *Rethinking Place Branding*. Edition 127. Chapter 0: 13–31. DOI: 10.1007/978-3-319-12424-7_2.
- Houghton J.P., Stevens A. 2011. City branding and stakeholder engagement. Basingstoke [u.a.]: Palgrave Macmillan: 45–53.
- Jernsand E.M., Kraff H. 2015. Participatory place branding through design: The case of Dunga beach in Kisumu, Kenya. *Place Branding and Public Diplomacy*, 11 (3), 226–242. DOI: 10.1057/pb.2014.34.
- Kalandides A. 2011. The problem with spatial identity: revisiting the «sense of place». *Journal of Place Menegement and Development*, 4 (1): 28–39. DOI: 10.1108/17538331111117142.
- Kavaratzis M., Giovanardi M., Lichrou M. 2017. Inclusive place branding: critical perspectives on theory and practice. *Place Branding and Public Diplomacy*. Palgrave Macmillan, 15(2): 143–144. DOI: 10.1057/s41254-018-0108-8.
- Kavaratzis M., Hatch M.J. 2013. The dynamics of place brands: An identity-based approach to place branding theory. *Marketing Theory*, 13 (1): 69–86. DOI: 10.1177/1470593112467268.
- Kavaratzis M., Warnaby G., Ashworth G.J. 2015. *Rethinking place branding: Comprehensive brand development for cities and regions*. London: Springer International Publishing, 248. DOI: 10.1007/978-3-319-12424-7.
- King C., Crommelin L. 2013. Surfing the yinzernet: Exploring the complexities of place branding in post-industrial Pittsburgh. *Place Branding and Public Diplomacy*, 9: 264–278. DOI: 10.1057/pb.2013.24.
- Molm L.D., Collett J.L., Schaefer D.R. 2007. Building Solidarity through Generalized Exchange: A Theory of Reciprocity. *American Journal of Sociology*, 113(1): 205–242.
- Preece C., Kerrigan F. 2015. Multi-stakeholder brand narratives: an analysis of the construction of artistic brands. *Journal of Marketing Management*, 31 (11-12): 1207–1230. DOI: 10.1080/0267257X.2014.997272.
- Raffestin C. 2015. Por uma Geografia do Poder. *Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio*. Rio de Janeiro, 8(14): 116–122.

- Ren C., Stilling Blichfeldt B. 2011. One Clear Image? Challenging Simplicity in Place Branding. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, 11(4): 416–434. DOI: 10.1080/15022250.2011.598753.
- Syssner J. 2010. Place branding from a multi-level perspective. *Place Branding and Public Diplomacy*, 6: 36–48. DOI: 10.1057/pb.2010.1.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пьянкова Светлана Григорьевна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления Уральского государственного экономического университета, г. Екатеринбург, Россия

Митрофанова Инна Васильевна, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории региональной экономики, Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия; профессор кафедры экономической теории, региональной экономики и предпринимательства Волгоградского государственного университета, г. Волгоград, Россия

Ергунова Ольга Титовна, кандидат экономических наук, доцент, доцент Департамента менеджмента Санкт-Петербургского филиала Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Svetlana G. Pyankova, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Regional, Municipal Economics and Management, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

Inna V. Mitrofanova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Regional Economics, Federal Research Centre Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (SSC RAS), Rostov-on-Don, Russia; Professor of the Department of Economic Theory, Regional Economy and Entrepreneurship, Volgograd State University, Volgograd, Russia

Olga T. Ergunova, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, St. Petersburg Branch of the National Research University Higher School of Economics (NRU HSE – St. Petersburg), St. Petersburg, Russia

УДК 332.1

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-661-676

Модели креативных центров в рамках концепции пространственного развития сельских территорий

Хрысева А.А., Акимова О.Е., Волков С.К.

Волгоградский государственный технический университет,
Россия, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 28

E-mail: cer-vstu@mail.ru, akimovann25@mail.ru, ambiente2@rambler.ru

Аннотация. Более половины беднейших людей мира в настоящее время живут в сельских территориях, а их доходы преимущественно зависят от мелкого сельского хозяйства. Вследствие интенсификации процессов индустриализации и урбанизации сельские территории подвергаются влиянию различных видов природных и антропогенных факторов, которые вызывают проблемы с демографическими, природными и культурными ресурсами. Креативность представляется одним из ответов на упадок в сельской местности, связанный с переходом общества от эры сельского хозяйства через индустриальную эру к экономике знаний. Главной целью нашего исследования является анализ возможностей и направлений формирования креативных центров развития сельских территорий в рамках пространственной концепции. Основной задачей данной статьи является исследование проблемы формирования креативных центров сельского творчества с особым акцентом на специфике творческой деятельности. В данном исследовании применен методологический подход, основанный на анализе экономических видов деятельности в сельских территориях, что принципиально меняет перспективу рассмотрения данного вопроса и позволяет реализовать поставленную цель. В статье были выделены четыре модели креативных центров, предназначенные для комплексного развития сельских территорий, основанные на культурном наследии и формировании новых уникальных производств, а также создании конкурентоспособных продуктов с использованием преимуществ креативных кластеров, творческих индустрий и современных туристических услуг. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что развитие креативных центров в сельских территориях должно носить комплексный характер и быть основанным на государственной поддержке в определении уникальных условий идентичности для каждой конкретной местности. Формирование креативных центров может стать инструментом антикризисной экономики, который позволит обеспечить социально-экономическое и культурное развитие сельских территорий, а также привлечь потенциальных инвесторов и улучшить туристический потенциал.

Ключевые слова: креативные центры, сельские территории, креативность, творческая деятельность, креативный класс, пространственный подход, «сельское очарование», креативная среда, сельское творчество, сельская инфраструктура

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-010-00072 «Формирование креативных центров пространственного развития как механизм повышения качества жизни населения сельских территорий»

Для цитирования: Хрысева А.А., Акимова О.Е., Волков С.К. 2022. Модели креативных центров в рамках концепции пространственного развития сельских территорий. Экономика. Информатика, 49(4): 661–676. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-661-676

Models of Creative Centers Within the Concept of Spatial Development of Rural Areas

Anna A. Khryseva, Olga E. Akimova, Sergey K. Volkov

Volgograd State Technical University,
28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia

E-mail: cer-vstu@mail.ru, akimovann25@mail.ru, ambiente2@rambler.ru

Abstract. More than half of the world's poorest people now live in rural areas, and their incomes depend predominantly on small-scale agriculture. Due to the intensification of industrialization and urbanization processes, rural areas are affected by various kinds of natural and human factors that cause problems with demographic, natural, and cultural resources. Creativity seems to be one of the responses to the decline in rural areas associated with the transition of society from the era of agriculture through the industrial era to the knowledge economy. The main purpose of our research is to analyze the possibilities and directions of formation of creative centers of rural development within the framework of the spatial concept. The main task of this article is the study of the problem of formation of creative centers of rural creativity with special emphasis on the specifics of creative activity. The methodological approach based on the analysis of economic types of activity in the rural areas has been applied in this research, which fundamentally changes the perspective of consideration of this issue and allows to realize the set goal. The article highlighted four models of creative centers designed for the integrated development of rural areas based on cultural heritage and the formation of new unique industries, as well as the creation of competitive products using the advantages of creative clusters, creative industries and modern tourist services. The conducted research allows us to conclude that the development of creative centers in rural areas should be comprehensive in nature and be based on the state support in determining the unique identity conditions for each specific area. The formation of creative centers can become an anti-crisis economic tool that will ensure the socio-economic and cultural development of rural areas, as well as attract potential investors and improve tourist potential.

Keywords: creative centers, rural areas, creativity, creative activity, creative class, spatial approach, rural charm, creative environment, rural creativity, rural infrastructure.

Acknowledgements: The work is supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 20-010-00072 «Formation of creative centers of spatial development as a mechanism for improving the quality of life of the population of Rural Areas»

For citation: Khryseva A.A., Akimova O.E., Volkov S.K. 2022. Models of Creative Centers Within the Concept of Spatial Development in Rural Areas. Economics. Information technologies. 49(4): 661–676. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-661-676

Введение

За последние десятилетия сельские территории во всем мире испытывают глубокие процессы территориальной трансформации в результате технологических изменений производственных систем, форм участия в глобальных производственных цепочках, а также связи между сельской и городской инфраструктурой. Многие из сельских территорий показали рост и развитие производства, в то время как другие подверглись усугубляющимся процессам деградации и маргинализации. Все эти изменения подтолкнули многих специалистов к новым глубоким размышлениям о том, какая политика лучше всего способствовала бы организации и эффективному управлению сельскими территориями не только с точки зрения развития производства, но и с более всеобъемлющей позиции, направленной на усиление производственной трансформации, способной остановить исторически сложившиеся циклы крайней бедности и массового бегства из сельских районов, которые мно-

гие из них переживают уже на протяжении нескольких поколений. Одним из самых больших ограничений при разработке государственной политики является отсутствие современных знаний о функционировании сельских территорий [Sili et al., 2015].

По данным Международного фонда сельскохозяйственного развития (МФСР) во всем мире 79% беднейших людей мира живут на сельских территориях [Отчет о работе Международного фонда, 2019], причем их доходы в основном зависят от мелкого сельского хозяйства. Большая часть такого населения тратит свои сбережения лишь на покупку продовольствия. Зачастую это приводит к тому, что сельские районы также являются местом, где живет большинство самых голодных людей в мире.

Вследствие интенсификации процессов индустриализации и урбанизации сельские территории подвергаются влиянию различных видов природных и антропогенных факторов, которые вызывают проблемы с демографическими, природными и культурными ресурсами [Beyazli et al., 2017]. Эти проблемы влияют на качественные характеристики населения сельских территорий, такие как уровень доходов и образования, социальные конфликты, миграция и т. д. Например, население, проживающее в сельской местности, как правило, старше жителей городских районов и чаще, чем они, страдает хроническими заболеваниями и имеет инвалидность. Его ожидаемая продолжительность жизни ниже, чем у горожан, и в последнее десятилетие такая тенденция по-прежнему сохраняется.

Все эти проблемы необходимо учитывать при формировании подходов к разработке программ развития сельских территорий, которые должны основываться на принципах эффективности и устойчивости существования данных районов. Разработка этих подходов должна базироваться на грамотной классификации сельских территорий, которая смогла бы позволить определить наиболее «чувствительные» точки для последующего определения потенциальных и перспективных центров экономического роста сельских территорий [Blunden et al., 1998].

Задачи развития сельских территорий на данном этапе в значительной степени связаны с повышением значимости знаний о современных процессах управления. В результате знания становятся движущей силой регионального и местного развития [Charain, Stryjakiewicz, 2017; Stryjakiewicz et al., 2014].

Это, в свою очередь, создает проблему для сельских территорий, поскольку их доступ к подобным знаниям объективно слабее, чем у городов [Czapiewski, Janc, 2011]. Но в то же время это открывает для них целый ряд перспективных направлений развития, и кроме того, создает новые возможности. К примеру, возросшее значение управленческих знаний позволяет внедрять новые, более эффективные способы ведения хозяйственной деятельности и управления сельскими сообществами.

И в этом контексте креативность представляется одним из ответов на упадок в сельской местности, связанный с переходом общества от эры сельского хозяйства через индустриальную эру к экономике знаний [Li et al, 2019; Cooke, Leydesdorff, 2006]. Этот сдвиг проявляется в появлении новых видов экономической деятельности, а также в повышении значимости тех, которые до настоящего времени были маргинализированы в пользу сельскохозяйственного производства [Santos, 2018].

Главной целью нашего исследования является анализ возможностей и направлений формирования креативных центров развития сельских территорий в рамках пространственной концепции.

Изучение научных исследований и теорий позволяет очертить довольно широкий спектр имеющихся на сегодняшний день конкретных примеров и реализованных практик применения креативных технологий в пространственном развитии.

Обзор научных подходов и исследований

Одним из показателей и одновременно детерминантой развития современных сельских пространств является наличие творческой деятельности на данной территории

[Escalona-Orcao et al, 2018], которая в основном присуща так называемому «креативному классу» [Florida, 2002].

Творческая/креативная деятельность является «новым двигателем экономического роста во всем мире» [Charain, Strykiewicz, 2017, p. 1], способствуя бурному и устойчивому социально-экономическому росту. Однако творчество, как важный фактор развития, характеризуется отсутствием единой универсальной модели возникновения и локализации. При анализе этого феномена целесообразно применять пространственный подход, позволяющий выявить различные факторы и механизмы формирования творчества в разных локациях, протекающие при этом в различных социально-экономических процессах.

Несмотря на то, что в научной литературе весьма щедро представлен целый ряд подходов к определению креативного сектора и творческой деятельности [Potts et al, 2008], в основном все они основаны на концепции, что творческий сектор включает в себя виды деятельности, которые берут начало в творчестве людей, в их навыках и талантах, которые посредством создания и использования интеллектуальной собственности являются основой для создания национального богатства и рабочих мест. И с этой точки зрения творческий сектор представляет собой сумму различных видов творческой деятельности. Учитывая задачи настоящего исследования, необходимо отметить, что характер пространства – его разнообразие – также играет важную роль в вопросах, связанных со знанием, его созданием и передачей.

И. Нонака и Р. Тояма [Nonaka, Toyama, 2003] обращают внимание на тот факт, что знание вообще требует физического контекста для своего возникновения и, таким образом, зависит от пространства. Места (пространства), обеспечивающие необходимые взаимодействия (совместное время и пространство), позволяют обмениваться контекстом. Следовательно, сельские территории из-за более низкой плотности населения (и, следовательно, более низкого уровня взаимодействия) находятся в невыгодном положении по сравнению с городами. Тесные связи между городами и вопросами, связанными со знаниями, наблюдаются на различных уровнях. Таким образом, с самого начала интереса к феномену творчества подчеркивалась его связь с городами, особенно мегаполисами. Однако творчество и предпринимательство не ограничиваются только городами или их пригородами, они также встречаются и в сельской местности [Argent, 2018].

Сельские территории обычно обладают меньшим потенциалом развития, чем города, часто являясь зонами стагнации [Churski et al, 2015], что касается значимости доступа к знаниям и возможности их формирования.

Ведение бизнеса в сельской местности требует решения двух проблем: во-первых, их удаленности от городов (т.е. более сложный, более трудоемкий и более дорогой доступ к продуктам и услугам). Во-вторых, более низкая плотность населения (т.е. рассредоточенность местных ресурсов, включая и самый ценный – человеческий капитал) [Malecki, Moriset, 2008].

Необходимо отметить, что сельские территории внутренне очень диверсифицированы с точки зрения экономической структуры и развития, доступа к природным ресурсам, и ресурсам, связанным с жителями (например, человеческий и социальный капитал), демографией и социальным контекстом, а также своим географическим положением по отношению к крупным городским центрам. Сельские территории подвержены различным процессам, которые воздействуют на них с разной степенью интенсивности, в зависимости от специфики каждой сельской местности.

Фактор социальной изоляции и фрагментации сельских территорий принципиально важен, так как препятствует созданию и использованию знаний так же эффективно, как и в городах. Преимущества городов коренятся в других аспектах пространственной концентрации, таких как близость клиентов и поставщиков, доступ к информационным ресурсам и среда, способствующая творчеству [Tomczak, Stachowiak, 2015].

В целом, привлекательность сельской местности для творческих людей или творческой деятельности зависит от следующих аспектов: качества жизни, состояния природного ландшафта, культурного и исторического наследия данной территории, потенциала социально-экономического взаимодействия с другими территориями, а также географической и информационной доступности.

По мнению некоторых исследователей [Rastghalam et al., 2017] сельский креативный класс состоит из креативных сельских жителей, которые обладают местными знаниями и внутренними связями с творческими мигрантами и привносят новые знания в привычные повседневные процессы.

Остается открытым вопрос о том, как получить новых мигрантов, особенно в периферийных сельских районах. Одним из аспектов креативной экономики является так называемое «сельское очарование». Для некоторых творческих людей, уставших жить в мегаполисах, этот факт может стать важным стимулом к смене места жительства [Collins, Cunningham, 2017]. Качество жизни является основным фактором, определяющим сельскую креативность в контексте притока людей [McGranahan et al., 2010]. Это притяжение, однако, не означает стремления креативного класса к заселению «диких» территорий, поскольку оно требует относительно густонаселенных пространств, необходимых для получения «экономической критической массы» и социально-экономического развития [Argent, 2018].

При внедрении или стимулировании креативных решений необходимо их адаптировать в соответствии с социально-экономическими и местными условиями окружающей среды [Zavratnik et al., 2018], что влияет на социальное назначение знаний, способы и подходы к экономическому развитию. Вот почему сельские территории придают большее значение, чем города, таким видам творческой деятельности, как декоративно-прикладное искусство, народные ремесла или туризм [Guzal-Dec, 2018].

На основании вышеизложенного можно констатировать, что в случае с сельскими территориями основное внимание следует уделять использованию территориальных (местных) преимуществ. Это означает лучшее использование знаний, основанных на уникальном характере конкретных территорий, т. е. на имеющихся ресурсах.

Некоторые исследования сельского творчества не включают анализ пространственного разнообразия, обычно концентрируясь на тематических исследованиях сельских территорий на различных уровнях [Harvey et al., 2012]. Основной причиной обращения к этому вопросу является связь повышения значимости знаний с социально-экономическим развитием (в том числе творческим), преимущественно в городской среде. Это приводит к недостаточному пониманию условий и возможностей функционирования креативных индустрий в сельской местности [Charain, Strykiewicz, 2017].

Другой причиной сосредоточения внимания на пространственном анализе является наблюдаемое отсутствие достаточных эмпирических исследований, особенно на местном уровне. Этот вопрос обсуждается в некоторой научной литературе [Collins, Cunningham, 2017; Escalona-Orgao et al., 2018]. Удивительно, как отмечает М. Вудс [Woods, 2011], но, творчество является неотъемлемой чертой сельских сообществ. Им всегда приходилось находить пути решения социальных и экологических проблем, и отсюда необходимость исследования сельского творчества, которое по своей природе отличается от городского, и в связи с чем, требует несколько иного подхода [Petrov, Cavin, 2018].

Таким образом, основной задачей данной статьи является исследование проблемы формирования креативных центров сельского творчества с особым акцентом на специфике творческой деятельности. Это стало возможным за счет выявления территориальных особенностей развития креативной экономики в сельской местности по отношению к городской. В данном исследовании применен методологический подход, основанный на анализе экономических видов деятельности в сельских территориях, что

принципиально меняет перспективу рассмотрения данного вопроса и позволяет реализовать поставленную цель.

Объекты и методы исследования

Понятие «креативные сельские территории» может показаться противоречивым. В западной культуре существует глубоко укоренившаяся ассоциация творчества с городом, косвенно предполагающая, что сельским районам не хватает творчества, по крайней мере, когда речь идет о промышленности и экономических инновациях. Это предположение было подкреплено развитием в экономической географии и социологии таких концепций, как «творческий город» и «креативный класс», которые, в свою очередь, были воплощены в политике с программами использования творчества в качестве стимула для экономического развития и способа поддержки творческих индустрий, демонстрирующих ярко выраженный городской уклон. Однако есть еще одна история, о которой и призвана рассказать эта статья.

В последнее время проведенные исследования собрали множество свидетельств существования творческих индустрий и культурной деятельности в сельской местности и за пределами мегаполисов, но то, как эти доказательства представлены, свидетельствует о неспособности избежать парадигмы творческих городов [Gajic et al., 2021]. Поэтому как сами исследования, так и политические меры сельских властей продолжают создавать целый ряд проблем, которые ограничивают развитие творческой перспективы этих пространств.

Первая проблема – это попытка перенести городские модели творчества в сельскую среду. Это включает в себя исследования, направленные на выявление креативности в соответствии с городскими определениями креативных индустрий, и меры политики, направленные на стимулирование креативности путем воспроизведения городских моделей творческих кварталов и кластеров.

Вторая проблема заключается в предположении, что новые технологии сделали творческие отрасли «свободными» и, таким образом, могут переместиться в сельские территории. Это прямой концептуальный вызов тезису о творческих городах, предполагающий, что его упор на требование социального взаимодействия устарел в эпоху широкополосной связи, интернет-покупок и социальных сетей.

Наряду с этим, еще одна проблема заключается в стремлении развивать эндогенное сельское творчество, но делать это путем представления подобного творчества способами, которые воспроизводят стереотипы о сельской местности. Например, ведущее к творчеству экономическое развитие в сельских территориях часто может быть сосредоточено на культурных индустриях, которые больше связаны со «старым», чем с «новым», таких как исторический туризм, традиционные фестивали и культурные ритуалы или возрождение народных ремесел. Они «творческие» в культурном смысле, но не особенно новаторские. Точно так же сельские культурные индустрии, продвигаемые в стратегиях экономического развития, могут неявно воспроизводить исторические представления о сельском творчестве.

Вопреки представлению о сельских территориях как о закрытых, статичных, вневременных местах, которое иногда встречается в научной литературе, сельские местности динамичны и взаимосвязаны. Они страдают от экономической реструктуризации, изменения окружающей среды, депопуляции и деурбанизации, а также глобализации, что сподвигло их на процесс смешивания местных и неместных ресурсов для получения неких новых гибридных результатов [White, 2010]. Этот процесс протекает на многих уровнях и включает в себя множество небольших актов творчества, как для коммерческих, так и для некоммерческих целей, из которых можно выделить три фактора.

Во-первых, креативность может быть частью стратегии экономической адаптации в ответ на сокращение ранее преобладавших отраслей, таких как сельское и лесное хозяйство, горнодобывающая промышленность или рыболовство. Это не обязательно

означает развитие «креативных территорий» в том смысле, в каком оно понимается моделью креативных городов, а скорее объединение ресурсов новыми творческими способами для использования преимуществ новых рынков и возможностей. Это может включать в себя диверсификацию за счет новых сельскохозяйственных культур, сочетание различных культурных влияний для производства новых вариаций традиционных продуктов питания или ремесел, поиск новых способов использования земли, в том числе в сфере туризма и отдыха, а также использование культурного наследия для повышения ценности продуктов посредством творческого симбиоза с искусством, дизайном, литературой и кино [Woods, 2011].

Во-вторых, креативность может быть использована сельскими жителями как стратегия получения доходов, которая позволит им остаться в сельской местности. Одной из наиболее заметных тенденций в сельских районах по всему миру за последние десятилетия была эмиграция молодых людей, даже на территории, где население в целом растет за счет деурбанизации. Основной причиной этого было отсутствие образования и возможностей трудоустройства в сельской местности, особенно в профессиональных сферах, многие из которых известны как часть «творческого класса» [Visvizi et al., 2019].

Тем не менее, появляется все больше свидетельств того, что сельская молодежь использует культурное предпринимательство в качестве механизма, позволяющего им оставаться в своем родном районе или вернуться домой после обучения в университете. Люди создают микропредприятия в области ремесел, дизайна, музыки и компьютерного программирования, работают в качестве фрилансеров или самозанятых художников и музыкантов, иногда параллельно с другой работой на неполный рабочий день. Эта стратегия особенно очевидна для сельских территорий, которые предлагают другой тип «творческого поля» в отличие от городской среды, основанной на искусстве, которое считается предпосылкой для творческого города.

В-третьих, творчество также важно в форме рассказывания историй как средства, с помощью которого сельские общины могут прийти к пониманию изменений, которые они переживают, и сформировать чувство общности. Искусство, литература, кино, поэзия, перформанс и т.д. могут использоваться в качестве средств массовой информации для рассказа и обсуждения местной идентичности, представляя собой некие креативные центры для общественных организаций и потенциально выступая в качестве катализаторов проектов возрождения.

Продуктами подобного творчества могут стать туристические достопримечательности, которые могут способствовать развитию местной экономики. Акт творчества сам по себе служит цели объединения сообщества для обсуждения и определения общих приоритетов действий, а фактор рассказывания историй обеспечивает элемент местной идентичности в контексте глобализации.

Креативные центры развития сельских территорий

Само понятие «креативная территория» определяется как пространство, где создаются различные фрагменты знаний (научных, промышленных и символических), где возникают идеи от и для рассматриваемых акторов, то есть организаций, сообществ и отдельных лиц, которые получают выгоду от развития территориальной деятельности [Kegler, 2020].

Опираясь на это определение, стоит подчеркнуть важность пространства для формирования креативных центров. Влияние группы на творчество человека не всегда сказывается положительно, так как часто культурные особенности навязывают ему свои ценности и знания о происходящем. Люди не могут абстрагироваться от обстановки вокруг на долгое время, и так или иначе происходит влияние с изменением собственного мнения, что приводит к поведению в пользу не всегда того результата, который мог быть, если бы он формировался самостоятельно.

Формирование креативных центров будет выступать как средство экономического прогресса, так как символическая структура сообществ всегда играла важную роль в конфигурации социально-экономического пространства.

Рассмотрим связь между креативными территориями и креативными центрами, которая проявляется в нескольких концептуальных исследованиях на трёх уровнях взаимодействия, состоящего из людей и/или организаций [Roberts, Leanne, 2016].

Первый уровень взаимодействия между креативной территорией и креативным центром касается видимой части творческого процесса – верхнего уровня. Он состоит из институциональных организаций и инновационных компаний, которые хорошо известны и признаны в секторах технологий, искусства, культуры и образования, из которых творческая территория черпает свою творческую силу, и способна передавать её в дальнейшем креативным центрам для детальной проработки. Направление политики может идти рука об руку с высвобождением ресурсов, что, таким образом, укрепляет приверженность территорий творческому процессу.

Второй уровень творческой территории – «андерграунд», куда входят исключительно люди, которые неформально, а зачастую и конфиденциально, занимаются творческой деятельностью, такой как рисование, дизайн, мода или развлечения. Творчество, характерное для андеграунда, непосредственно участвует в понятии «genius loci» или «дух места»; это объясняет, что люди, которые также вовлечены в творческие процессы, находятся под влиянием окружающей креативной среды. Эти люди способны создавать «костяк» креативного центра, потому что именно на них будет сосредоточено всё внимание в дальнейшем.

Последний уровень – «средний план». Сюда входят группы, сообщества и ассоциации, к которым принадлежат упомянутые выше лица, и которые имеют явное намерение участвовать в развитии территории и креативных центров в творческом плане, в частности, посредством проектов, мероприятий и конкурсов. Соревнования, например, знакомят их с инновационными практиками, которые способствуют экономическому росту за счет разработки креативных решений. Эти группы заставляют организационные структуры смешиваться с другими действующими лицами и впоследствии задавать вопросы о том, как они действуют, и учиться у других. «Средний план» соединяет два других уровня творческой территории.

Этот процесс постоянного обмена между тремя уровнями приводит к тому, что территория становится все более творческой и предлагает возможности креативным центрам, которые в большей степени способны использовать ценные идеи [Ravazzoli et al., 2021].

Для того, чтобы определить динамику развития креативных центров пространственного развития сельских территорий в России, нужно в целом рассмотреть масштаб и структуру развития креативной экономики страны, которая поможет сформировать научно-обоснованную экономическую оценку параметров пространственного развития России.

За последние годы российские креативные индустрии набрали неплохой темп развития. Хотя, к сожалению, приходится констатировать, что федеральная политика в этом вопросе находится пока в стадии формирования. В то же время развитие креативных территорий в субъектах РФ активно продвигается.

Высокая занятость в креативных секторах экономики более характерна для городского населения, чем для сельских территорий, т.к. именно здесь присутствует развитая конкурентная среда и высокий платежеспособный спрос (рис. 1).

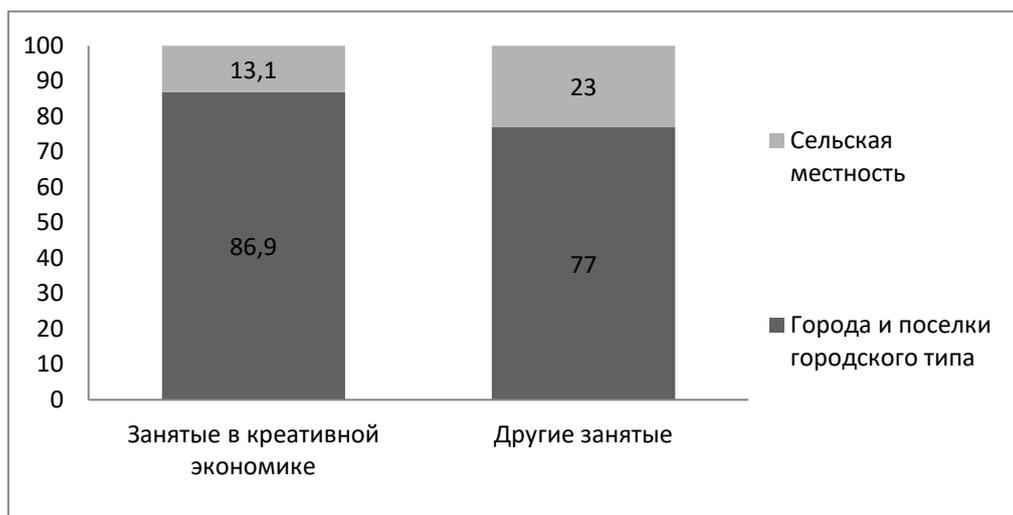


Рис. 1. Занятые в креативной экономике РФ по типам населенных пунктов, %
 Источник: Развитие креативных индустрий в России: ключевые индикаторы. 2021. URL: <https://is-sek.hse.ru/news/492962418.html> (дата обращения: 18.07.2022)

Fig. 1. Employed in the creative economy of the Russian Federation by types of settlements, %
 Source: Creative Industries Development in Russia: Key Indicators. 2021. URL: <https://is-sek.hse.ru/news/492962418.html> (date of access: 07/18/2022)

Кроме того, большинство занятых в креативной индустрии в основном сосредоточено в двух наиболее крупных городах России: Москве и Санкт-Петербурге. Неплохие показатели занятости в Московской области (рис. 2).

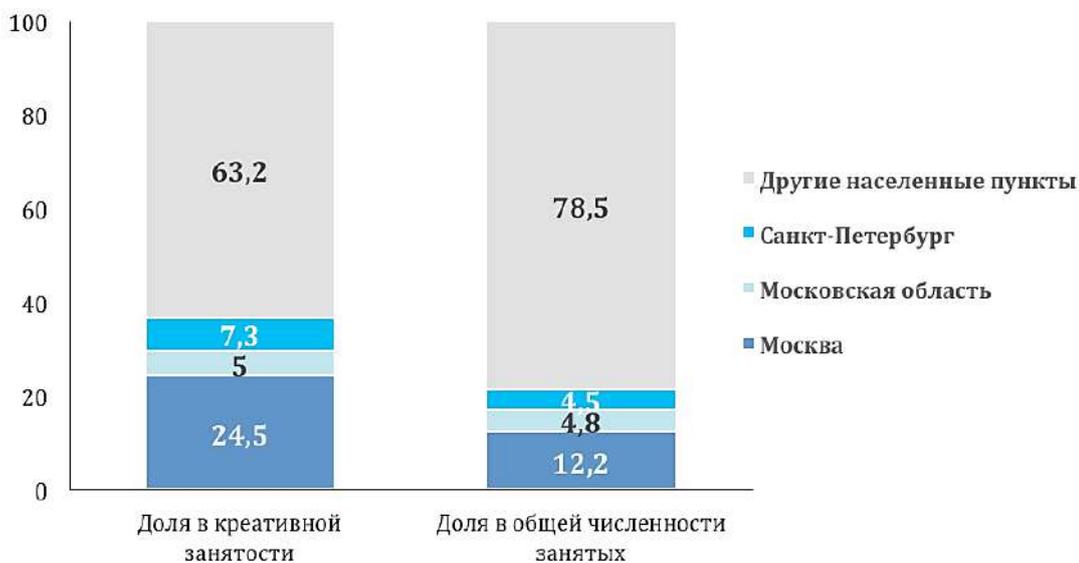


Рис. 2. Доля столичных регионов в креативной занятости России, %
 Источник: Развитие креативных индустрий в России: ключевые индикаторы. 2021. URL: <https://is-sek.hse.ru/news/492962418.html> (дата обращения: 18.07.2022)

Fig. 2. Share of metropolitan regions in Russia's creative employment, %
 Source: Creative Industries Development in Russia: Key Indicators. 2021. URL: <https://is-sek.hse.ru/news/492962418.html> (date of access: 07/18/2022)

Немаловажным фактором в занятости в креативной индустрии является то, что именно эта сфера способствует формированию новых рабочих мест для особо уязвимых категорий населения, таких как женщины и молодежь. Если, например, сравнивать креативную индустрию с другими отраслями экономики, то здесь занятость среди молодых людей в возрасте до 30 лет составляет по разным оценкам не менее 20%.

Кроме того, высока доля самозанятых, более 30%, и в последнее время в этом секторе экономики начал активнее принимать участие средний и малый бизнес, что, в свою очередь, способствует повышению производительности труда в этой отрасли.

Все перечисленные факторы будут иметь решающее значение при формировании креативных центров развития сельских территорий, т.к. именно здесь вопросы, связанные с занятостью местных жителей и проблемой оттока молодых кадров (по оценкам Минпромторга темпы оттока составляют от 0,5 до 68%), стоят особенно остро.

Эти вопросы активно исследовали зарубежные специалисты и накопили достаточный опыт, который позволяет констатировать, что создание креативных/многофункциональных центров в сельских территориях позволяет сформировать оптимальные экономические и социальные условия и, как следствие, обеспечить достойный уровень жизни населения на данных территориях.

Согласно зарубежной практике, креативные центры могут быть представлены несколькими типами, в зависимости от их расположения на сельских территориях [Проблемы и перспективы, 2021].

Первый тип – это центры, которые призваны обеспечить базовые или первостепенные функции сельской территории. Как правило, они представляют собой «ядро» поселения и служат основой всей социально-экономической инфраструктуры, при этом выполняя функции социально-культурного и исторического центра. В таких центрах местное население может получить дополнительные услуги через развитую сеть организационных объектов, которые реализуют культурно-исторические, торговые и досугово-развлекательные функции.

Второй тип центров связан с их расположением, как правило, на окраинах сельских территорий, что предопределяет выполнение ими функций инфраструктурного «центра притяжения» для населения, проживающего на соседних территориях.

Третий тип – это центры, которые развиваются в относительно малонаселенных территориях с разреженной плотностью населения, и таким образом формируют сетевую модель, которая предоставляет сельским жителям качественные социальные и инфраструктурные услуги в пределах транспортной доступности.

В настоящее время сельским территориям требуется следующее:

- диверсификация с точки зрения секторов экономики и социально-демографического состава территории;
- социальный капитал в форме сетей доверия, взаимности, коллективных взглядов, ценностей и действий;
- лидеры сообщества, способные определить источники финансирования, мобилизовать и создать эффективные условия для развития территории;
- эффективность и свобода действий, а также вера в то, что изменения могут быть достигнуты сообществом;
- «чувство места» и коллективная гордость за свое сообщество, что способствует эффекту местного мультипликатора [Price, Evans, 2009].

Доказано, что существует сильный экономический стимул для улучшения сельской инфраструктуры, чтобы привлекать и удерживать творческих работников, тем самым способствуя диверсификации экономики для развития сельских территорий. В случае с сельской местностью основное внимание следует уделить соответствующему формированию – использованию территориальных (местных) ресурсов. Это означало бы лучшее использование знаний, основанных на уникальном характере конкретных областей, то есть на имеющихся ресурсах.

В России принята и действует в качестве проекта программа поддержки территорий сохранения и развития традиций и укладов бытования (ТЕТРА). Этот проект должен

помочь не только сельским территориям, но и малым городам, сформировать «точки роста» для дальнейшего развития креативных индустрий и креативных центров на своих территориях.

В рамках ТЕТРА разработана классификация моделей развития сельских территорий, которые могут быть трансформированы и в модели развития креативных центров, в зависимости от уровня и качества социально-экономической инфраструктуры на данной территории [Креативные индустрии, 2022].

Первая модель креативных центров предназначена для сельских территорий, которые расположены около крупных городских агломераций. Основная задача данных креативных центров – это увеличение престижа творческих профессий и, как следствие этого, формирование творческого класса, развитие туризма и связанной с этим инфраструктуры.

Вторая модель креативных центров характерна для сельских территорий, которые располагаются в значительной отдаленности и при этом находятся под угрозой исчезновения. Кроме того, данные территории обладают большим производственным и культурным наследием.

Третья модель относится к территориям, обладающим промышленной специализацией, в которых исторически сложилось развитое мануфактурное производство, и где возможно на базе народных художественных промыслов формирование креативных центров.

Четвертая модель связана с ярко выраженной национальной идентичностью территории, которая представляет собой некий проект сотрудничества для межкультурного диалога.

Данные модели креативных центров предназначены для комплексного развития сельских территорий, основанного на культурном наследии и формировании новых уникальных производств, а также создании конкурентоспособных продуктов с использованием преимуществ креативных кластеров, творческих индустрий и современных туристических услуг.

Обсуждение результатов

Ассоциация творчества с городом, имеющая глубокие исторические корни и закрепившаяся за два десятилетия под влиянием тезиса о «креативном городе», в последние годы стала подвергаться критике в исследованиях, документально зафиксировавших и продемонстрировавших процветающее присутствие творческих индустрий в сельских территориях.

По мере того, как развитие креативных индустрий приобретает все большее значение в экономической политике, это исследование вносит важную поправку в предположения о том, что инвестиции в креативную экономику неизбежно должны быть ориентированы на города, и что города будут процветать только в том случае, если они будут демонстрировать характеристики, привлекательные для населения, т.е. «креативный класс».

Полученные результаты свидетельствуют, что сельские территории всегда были творческими по своей природе. Креативность сельских территорий демонстрирует три характеристики, которые привели к их маргинализации из-за первенства городских творческих идей.

Во-первых, сельское творчество исторически было индивидуальным, в отличие от коллективного городского творчества. Это привело к тому, что сельское творчество стало рассматриваться как менее продуктивное, чем городское, но его экономический потенциал в последнее время стал активно использоваться, например, в сфере туристических достопримечательностей.

Во-вторых, сельское творчество работает с материалами, отличными от городского, что не поддается простой классификации. Одним из наиболее важных аспектов творчества в сельских территориях в последние годы было экспериментирование с новыми агропродовольственными продуктами – фермерское производство сыра и пивоварения, диверсификация новых сельскохозяйственных культур и домашнего скота, а также ребрендинг продукции из культурно значимых географических территорий.

В-третьих, экономические выгоды креативных сельских территорий могут быть скорее косвенными, чем прямыми. Сельские территории редко имеют высокие показатели креативности, которые зависят от экономической деятельности – их творческие предприятия обычно являются небольшими, на них занято мало людей, и они вносят относительно небольшой вклад в региональную экономику. Однако ценность сельского творчества может заключаться в том, чтобы помогать сельским территориям развивать социальные и экономические условия, объединять местных жителей, тем самым позволяя выявить местные сильные стороны и конкурентные преимущества. Таким образом, сельское творчество часто является средством для восстановления местной экономики.

Заключение

Проведенное нами исследование позволяет сделать вывод о том, что развитие креативных центров в сельских территориях должно носить комплексный характер и быть основанным на государственной поддержке в определении уникальных условий идентичности для каждой конкретной местности.

Экономическая эффективность креативных отраслей зависит от множества факторов, среди которых месторасположение конкретной территории, демографические условия, наличие природных ресурсов и т.д. В этом случае формирование креативных центров может стать инструментом антикризисной экономики, который позволит обеспечить социально-экономическое и культурное развитие сельских территорий, а также привлечь потенциальных инвесторов и улучшить туристический потенциал.

Рассматривая основные факторы развития креативных центров в сельских территориях, можно выделить следующие положительные экономические и социально-культурные эффекты:

- увеличение количества занятых в креативных индустриях, создание новых рабочих мест, в том числе для инклюзивных групп;
- увеличение вклада креативных центров в валовой доход регионов;
- сокращение оттока населения из сельской местности;
- появление возможностей для самореализации и досуга жителей.

В качестве перспективных направлений дальнейших исследований в рамках данной темы можно выделить следующие:

- разработка концепции креативных сетевых структур, а также критериев и мер поддержки с учетом творческой уникальности каждого региона и сельской территории;
- формирование конкретных образовательных инструментов, способных оказать научную и практическую помощь сельским территориям в создании новых форм конкурентного производства, разработанных креативными центрами с учетом имеющейся ресурсной базы;
- создание креативных центров на базе крупнейших региональных вузов для оказания поддержки молодым ученым и специалистам в практической реализации разработанных ими проектов по развитию сельских пространств;
- развитие и поддержка социальной миссии частного бизнеса в вопросах улучшения социально-экономического положения сельских территорий с применением системы льгот, субсидий и региональных грантов.

Список источников

- Креативные индустрии. Современные тренды развития регионов // Материалы заседания Совета по развитию социальных инноваций субъектов РФ при Совете Федерации Федерального Собрания РФ. Электронная книга. URL.: http://council.gov.ru/activity/analytics/analytical_bulletins/121689/ (дата обращения: 28.06.2022)
- Отчет о работе Международного фонда сельскохозяйственного развития за 2019 год. Электронная книга. URL: <https://www.ifad.org/documents> (дата обращения: 18.07.2022).

Проблемы и перспективы социально-экономического развития сельских территорий: региональный аспект. 2021. М., Издание Государственной Думы, 320 с.

Развитие креативных индустрий в России: ключевые индикаторы. 2021. URL: <https://issek.hse.ru/news/492962418.html> (дата обращения: 18.07.2022).

Список литературы

- Argent N. 2018. Rural geography III: Marketing, mobilities, measurement and metanarratives. *Progress in Human Geography*, 43(4): 758–766. <https://doi.org/10.1177/0309132518778220>.
- Beyazli, D., Aydemir, S., Öksüz, A.M., Özlü, S. 2017. Rural typology with and inductive approach. *International Journal of Environmental Research*, 11: 225–241. <http://dx.doi.org/10.1007/s41742-017-0022-6>.
- Blunden J.R., Pryce W.T.R., Dreyer P. 1998. The Classification of Rural Areas in the European Context: An Exploration of a Typology Using Neural Network Applications. *Regional Studies*, 32: 149–160. <https://doi.org/10.1080/00343409850123035>.
- Chapain C., Strykiewicz T. 2017. Introduction – Creative industries in Europe: Drivers of (new) sectoral and spatial dynamics. In: Chapain C., Strykiewicz T. (eds), *Creative industries in Europe: Drivers of new sectoral and spatial dynamics*. Springer: 1–15.
- Churski P., Borowczak A., Perdał R. 2015. Czynniki rozwoju obszarów stagnacji w Polsce a ukierunkowanie interwencji środków unijnych. *Studia Obszarów Wiejskich* 37. Komisja Obszarów Wiejskich PTG. IGiPz PAN, Warszawa: 115–130.
- Collins P., Cunningham J.A. 2017. Producing culture by creative means: A view from the periphery. In: *Creative Economies in Peripheral Regions*. Palgrave Macmillan, Cham: 109–160.
- Cooke P., Leydesdorff L. 2006. Regional development in the knowledge-based economy: The construction of advantage. *The Journal of Technology Transfer*, 31(1): 5–15. <http://dx.doi.org/10.1007/s10961-005-5009-3>
- Czapiewski K.L., Janc K. 2011. Accessibility to education and its impact on regional development in Poland. In: Adams N., Cotella G., Nunes R. (eds), *Territorial development, cohesion and spatial planning. Knowledge and policy development in an enlarged EU*. Routledge, London: 345–372.
- Escalona-Orcao A.I., Sáez-Pérez L.A., García B.S.V. 2018. Location conditions for the clustering of creative activities in extra-metropolitan areas: Analysis and evidence from Spain. *Applied Geography*, 91: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.013>.
- Florida R. 2002. *The rise of the creative class*. Basic books, New York.
- Gajic A., Krunic N., Protic B. 2021. Classification of Rural Areas in Serbia: Framework and Implications for Spatial Planning. *Sustainability*, 13: 12–25. <https://doi.org/10.3390/su13041596>.
- Guzal-Dec D. 2018. Intelligent development of the countryside – the concept of smart villages: Assumptions, possibilities and implementation limitations. *Economic and Regional Studies*, 11(30): 32–49. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.291913>.
- Harvey D.C., Hawkins H., Thomas N.J. 2012. Thinking creative clusters beyond the city: People, places and networks. *Geoforum*, 43(3): 529–539. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.11.010>.
- Kegler B. 2020. Creative territories – the role of cultural practices to sustain imagination, capacities and leadership. Electronic resource. Available at: <https://encc.eu/resources/database/creative-territories-role-cultural-practices-sustain-imaginationinitiative> (accessed: 12.07.2022).
- Li Y., Westlund H., Liu Y. 2019. Why some rural areas decline while some others not: An overview of rural evolution in the world. *Journal of Rural Studies*, 68: 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.03.003>.
- McGranahan D.A., Wojan T.R., Lambert D.M. 2010. The rural growth trifecta: Outdoor amenities, creative class and entrepreneurial context. *Journal of Economic Geography*, 11(3): 529–557. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbq007>.
- Malecki E.J., Moriset B. 2008. *The digital economy. Business organization, production processes, and regional development*. Oxon, Routledge.
- Nonaka I., Toyama R. 2003. The knowledge-creating theory revisited: Knowledge creation as a synthesizing process. *Knowledge Management Research Practice*, 1(1): 2–10. <https://doi.org/10.1057/palgrave.kmrp.8500001>
- Petrov A., Cavin P. 2018. Creating a new path through creative capital: Theories and evidence from the Northern Periphery. *Journal of Rural and Community Development*, 12(2/3): 127–142.

- Potts J., Cunningham S., Hartley J., Ormerod P. 2008. Social network markets: A new definition of the creative industries. *Journal of Cultural Economics*, 32(3): 167–185. <http://dx.doi.org/10.1007/s10824-008-9066-y>.
- Price L., Evans N. 2009. From stress to distress: Conceptualizing the British family farming patriarchal way of life. *Journal of Rural Studies*, 25: 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.03.008>.
- Rastghalam M., Seidaiy E., Nouri H. 2017. The creative village approach as a tool for creating village futures. *Journal of Futures Studies*, 21: 35–48. [https://doi.org/10.6531/JFS.2017.21\(3\).A35](https://doi.org/10.6531/JFS.2017.21(3).A35).
- Ravazzoli E., Hoffman C., Calabrò F., Cassalia G. 2021. Rural–Urban Relationships for Better Territorial Development. *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions. Green Energy and Technology*. Springer: 557–565. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57332-4_39.
- Roberts E., Leanne L. 2016. The Contribution of the Creative Economy to the Resilience of Rural Communities: Exploring Cultural and Digital Capital. *Sociologia Ruralis*, 56, 2: 197–219. <https://doi.org/10.1111/soru.12075>.
- Santos D. 2018. Towards a new economy in rural areas. *Entrepreneurship and structural change in dynamic territories*. Springer, Cham: 189–200.
- Sili M., Guibert M., Bustos Cara R. 2015. In *Capital Intellectual* (Ed.), *Atlas de la Argentina Rural*. Buenos Aires.
- Stryjakiewicz T., Męczyński M., Stachowiak K. 2014. Role of creative industries in the post-socialist urban transformation. *Quaestiones Geographicae*, 33(2): 19–35. <https://doi.org/10.2478/quageo-2014-0013>.
- Tomczak P., Stachowiak K. 2015. Location patterns and location factors in cultural and creative industries. *Quaestiones Geographicae*, 34(2): 7–27. <http://dx.doi.org/10.1515/quageo-2015-0011>.
- Visvizi A., Lytras M.D., Mudri G. 2019. Smart villages: Relevance, approaches, policymaking implications. *Smart villages in the EU and beyond*. Emerald Publishing Limited: 1–12.
- White P. 2010. Creative industries in a rural region: Creative West: The creative sector in the Western Region of Ireland. *Creative Industries Journal*, 3(1): 79–88. http://dx.doi.org/10.1386/cij.3.1.79_1.
- Woods M. 2011. *Rural*. Abingdon: Routledge.
- Zavratnik V., Kos A., Stojmenova Duh E. 2018. Smart Villages: Comprehensive review of initiatives and practices. *Sustainability*, 10(7): 2559. <https://doi.org/10.3390/su10072559>.

References

- Argent N. 2018. Rural geography III: Marketing, mobilities, measurement and metanarratives. *Progress in Human Geography*, 43(4): 758–766. <https://doi.org/10.1177/0309132518778220>.
- Beyazli, D., Aydemir, S., Öksüz, A.M., Özlü, S. 2017. Rural typology with and inductive approach. *International Journal of Environmental Research*, 11: 225–241. <http://dx.doi.org/10.1007/s41742-017-0022-6>.
- Blunden J.R., Pryce W.T.R., Dreyer P. 1998. The Classification of Rural Areas in the European Context: An Exploration of a Typology Using Neural Network Applications. *Regional Studies*, 32: 149–160. <https://doi.org/10.1080/00343409850123035>.
- Chapain C., Stryjakiewicz T. 2017. Introduction – Creative industries in Europe: Drivers of (new) sectoral and spatial dynamics. In: Chapain C., Stryjakiewicz T. (eds), *Creative industries in Europe: Drivers of ew sectoral and spatial dynamics*. Springer: 1–15.
- Churski P., Borowczak A., Perdał R. 2015. Development factors for economic stagnation areas in Poland in the light of targeting the EU funds. *Studia Obszarów Wiejskich 37. Komisja Obszarów Wiejskich PTG. IGiPz PAN, Warszawa*: 115–130.
- Collins P., Cunningham J.A. 2017. Producing culture by creative means: A view from the periphery. In: *Creative Economies in Peripheral Regions*. Palgrave Macmillan, Cham: 109–160.
- Cooke P., Leydesdorff L. 2006. Regional development in the knowledge-based economy: The construction of advantage. *The Journal of Technology Transfer*, 31(1): 5–15. <http://dx.doi.org/10.1007/s10961-005-5009-3>
- Czapiewski K.L., Janc K. 2011. Accessibility to education and its impact on regional development in Poland. In: Adams N., Cotella G., Nunes R. (eds), *Territorial development, cohesion and spatial planning. Knowledge and policy development in an enlarged EU*. Routledge, London: 345–372.
- Escalona-Orcao A.I., Sáez-Pérez L.A., García B.S.V. 2018. Location conditions for the clustering of creative activities in extra-metropolitan areas: Analysis and evidence from Spain. *Applied Geography*, 91: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.013>.

- Florida R. 2002. *The rise of the creative class*. Basic books, New York.
- Gajic A., Krunic N., Protic B. 2021. Classification of Rural Areas in Serbia: Framework and Implications for Spatial Planning. *Sustainability*, 13: 12–25. <https://doi.org/10.3390/su13041596>.
- Guzal-Dec D. 2018. Intelligent development of the countryside – the concept of smart villages: Assumptions, possibilities and implementation limitations. *Economic and Regional Studies*, 11(30): 32–49. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.291913>.
- Harvey D.C., Hawkins H., Thomas N.J. 2012. Thinking creative clusters beyond the city: People, places and networks. *Geoforum*, 43(3): 529–539. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.11.010>.
- Kegler B. 2020. Creative territories – the role of cultural practices to sustain imagination, capacities and leadership. Electronic resource. Available at: <https://encc.eu/resources/database/creative-territories-role-cultural-practices-sustain-imaginationinitiative> (accessed: 12.07.2022).
- Li Y., Westlund H., Liu Y. 2019. Why some rural areas decline while some others not: An overview of rural evolution in the world. *Journal of Rural Studies*, 68: 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.03.003>.
- McGranahan D.A., Wojan T.R., Lambert D.M. 2010. The rural growth trifecta: Outdoor amenities, creative class and entrepreneurial context. *Journal of Economic Geography*, 11(3): 529–557. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbq007>.
- Malecki E.J., Moriset B. 2008. *The digital economy. Business organization, production processes, and regional development*. Oxon, Routledge.
- Nonaka I., Toyama R. 2003. The knowledge–creating theory revisited: Knowledge creation as a synthesizing process. *Knowledge Management Research Practice*, 1(1): 2–10. <https://doi.org/10.1057/palgrave.kmrp.8500001>
- Petrov A., Cavin P. 2018. Creating a new path through creative capital: Theories and evidence from the Northern Periphery. *Journal of Rural and Community Development*, 12(2/3): 127–142.
- Potts J., Cunningham S., Hartley J., Ormerod P. 2008. Social network markets: A new definition of the creative industries. *Journal of Cultural Economics*, 32(3): 167–185. <http://dx.doi.org/10.1007/s10824-008-9066-y>.
- Price L., Evans N. 2009. From stress to distress: Conceptualizing the British family farming patriarchal way of life. *Journal of Rural Studies*, 25: 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.03.008>.
- Rastghalam M., Seidaiy E., Nouri H. 2017. The creative village approach as a tool for creating village futures. *Journal of Futures Studies*, 21: 35–48. [https://doi.org/10.6531/JFS.2017.21\(3\).A35](https://doi.org/10.6531/JFS.2017.21(3).A35).
- Ravazzoli E., Hoffman C., Calabrò F., Cassalia G. 2021. Rural–Urban Relationships for Better Territorial Development. *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions. Green Energy and Technology*. Springer: 557–565. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57332-4_39.
- Roberts E., Leanne L. 2016. The Contribution of the Creative Economy to the Resilience of Rural Communities: Exploring Cultural and Digital Capital. *Sociologia Ruralis*, 56, 2: 197–219. <https://doi.org/10.1111/soru.12075>.
- Santos D. 2018. Towards a new economy in rural areas. *Entrepreneurship and structural change in dynamic territories*. Springer, Cham: 189–200.
- Sili M., Guibert M., Bustos Cara R. 2015. In *Capital Intellectual* (Ed.), Atlas de la Argentina Rural. Buenos Aires.
- Stryjakiewicz T., Męczyński M., Stachowiak K. 2014. Role of creative industries in the post-socialist urban transformation. *Quaestiones Geographicae*, 33(2): 19–35. <https://doi.org/10.2478/quageo-2014-0013>.
- Tomczak P., Stachowiak K. 2015. Location patterns and location factors in cultural and creative industries. *Quaestiones Geographicae*, 34(2): 7–27. <http://dx.doi.org/10.1515/quageo-2015-0011>.
- Visvizi A., Lytras M.D., Mudri G. 2019. *Smart villages: Relevance, approaches, policymaking implications*. Smart villages in the EU and beyond. Emerald Publishing Limited: 1–12.
- White P. 2010. Creative industries in a rural region: Creative West: The creative sector in the Western Region of Ireland. *Creative Industries Journal*, 3(1): 79–88. http://dx.doi.org/10.1386/cij.3.1.79_1.
- Woods M. 2011. *Rural*. Abingdon: Routledge.
- Zavratnik V., Kos A., Stojmenova Duh E. 2018. Smart Villages: Comprehensive review of initiatives and practices. *Sustainability*, 10(7): 2559. <https://doi.org/10.3390/su10072559>.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хрысева Анна Александровна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и предпринимательства Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Россия

Акимова Ольга Евгеньевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и предпринимательства Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Россия

Волков Сергей Константинович, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и предпринимательства Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anna A. Khryseva, PhD in Economics, associate professor, associate professor of the Department of economics and entrepreneurship, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Olga E. Akimova, PhD in Economics, associate professor, associate professor of the Department of economics and entrepreneurship, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Sergey K. Volkov, PhD in Economics, associate professor, associate professor of the Department of economics and entrepreneurship, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

УДК 332.14

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-677-683

Сравнительно-статический подход анализа структурных сдвигов региональной экономики

Чистникова И.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: chistnikova@bsu.edu.ru

Аннотация. Для выработки парадигмы управления регионом и обоснования направлений политики территориального развития необходимо выявление сравнительных преимуществ региона. Поэтому имеется необходимость развития теоретико-методологических основ применения сравнительно-статического подхода для анализа структурных сдвигов региональной экономики. Цель исследования состоит в моделировании роста занятости и последствий для политики экономического развития Белгородской области на уровне секторов с использованием динамического анализа структурных сдвигов. В результате исследования были выявлены статистические и динамические параметры занятости как базы для принятия стратегических решений на региональном уровне.

Ключевые слова: экономика региона, динамика занятости, региональный рост, структурно-динамический анализ, региональный анализ, сравнительное преимущество региона.

Для цитирования: Чистникова И.В. 2022. Сравнительно-статический подход анализа структурных сдвигов региональной экономики. Экономика. Информатика, 49(4): 677–683. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-677-683

Comparative-Static Approach to the Analysis of Structural Shifts in the Regional Economy

Irina V. Chistnikova

Belgorod National Research University
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: chistnikova@bsu.edu.ru

Abstract. In order to develop a paradigm of regional governance and substantiate the policy directions of territorial development, it is necessary to identify the comparative advantages of the region. Therefore, there is a need to develop theoretical and methodological foundations for the application of a comparative-static approach to analyze structural shifts in the regional economy. The purpose of the study is to model employment growth and the consequences for the policy of economic development of the Belgorod region at the sector level using dynamic analysis of structural shifts. The article uses the method of analysis of structural shifts, which allows quantitative and qualitative assessment of the structure of territorial production, which is necessary to justify the measures of spatial development strategies. The analysis of structural shifts in the description of regional and industrial growth and the study of the competitiveness of regional and industrial growth on the example of the Belgorod region on the basis of comparing the growth of employment in the region with the growth of employment in the country and measuring the effects of national growth, industrial complex, competitive position. Dynamic analysis of structural shifts in the economy of the Belgorod region reflected

changes in employment in various industries and sectors, these data can be used to plan investments and develop directions for the development of the region

Keywords: regional economy, employment dynamics, regional growth, structural and dynamic analysis, regional analysis, comparative advantage of the region

For citation: Chistnikova I.V. 2022. Comparative-Static Approach to the Analysis of Structural Shifts in the Regional Economy. Economics. Information technologies, 49(4): 677–683 DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-677-683

Введение

Для анализа уровня сбалансированности темпов развития национального хозяйства и экономики регионов необходимо проведение комплексных исследований структуры производства и экономического роста.

Метод анализа структурных сдвигов позволяет выявлять факторы роста экономики региона для дальнейшего их учета при планировании устойчивого развития и стратегировании [Ушакова, Вдовин, 2019].

В современных условиях реализации региональных интересов необходимо отслеживать и управлять динамическим процессом последовательных позитивных изменений в отраслях регионального комплекса.

Новая модель хозяйствования в территориальных комплексах обуславливает развитие экономического потенциала на основе контроля роста или спада в секторах за счет технологических инноваций, капитала и труда [Artige, Van Neuss, 2014].

Все это обосновывает актуальность измерения доли сдвига для анализа регионального роста. Выявление сравнительных преимуществ отраслей становится все более важно в менее развитых регионах для формирования концепции развития.

Целью данной статьи является анализ модели роста занятости и последствий для политики экономического развития Белгородской области на уровне отраслей с использованием динамического анализа структурных сдвигов.

Объекты и методы исследования

В статье нашел применение метод анализа структурных сдвигов, разработанный в 1940-х гг. Даниэлем Кримером [Creamer, Bernstein, 1954].

Структурно-динамический анализ применяется для исследования изменений экономических отношений во времени и степени влияния на них трех факторов регионального роста: пропорций народнохозяйственного комплекса, продуктивности производства, объема спроса [Arcelus, 1984; Green, Allaway, 1985; Herzog, Olsen, 1977; Márquez, Ramajo, Hewings, 2009].

Данный метод позволяет количественно и качественно оценивать структуру территориального производства, что необходимо для обоснования мер стратегий пространственного развития [Shi, Yang, 2008; Nazara, Hewings, 2004].

Анализ структурных сдвигов применен для описания и изучения конкурентоспособности регионального и промышленного роста на примере Белгородской области в период времени с 2014 по 2020 гг.

Результаты показали пригодность анализа долевого участия для прогнозирования инвестиционных решений на региональном уровне.

Основное внимание уделяется сравнению роста занятости в регионе с ростом занятости в стране и измерению трех эффектов:

– эффекта национального роста (ЭНР), который является частью изменения общей занятости в регионе, рассчитанной по темпам роста занятости на национальном уровне;

– эффекта состава (пропорции) промышленного комплекса (ЭПК или MIX-эффект), отражающего величину возможных изменений в промышленных секторах региональной экономики в том случае, если бы региональный темп роста был равен национальному;

– конкурентного эффекта (КЭ или DIF-эффект), отражающего статистическое отклонение экономического параметра в отчетном году по сравнению с базисным, а также динамическое изменение, скоординированное со страновыми темпами [Herath, Gebremedhin, Maumbe, 2010].

Общая величина динамического изменения экономического параметра определяется суммированием величин трех эффектов [Knudsen, 2000].

Эффект роста для конкретного региона и отрасли промышленности рассчитывается по формулам:

1. Эффект национального роста для сектора i в регионе

$$r = E_{ir} * G_n \quad (1)$$

2. Эффект промышленного комплекса для сектора i в регионе

$$r = E_{ir} (G_{in} - G_n) \quad (2)$$

3. Конкурентный эффект для сектора i в регионе

$$r = E_{ir} (G_{ir} - G_{in}) \quad (3)$$

где E_{ir} = занятость в секторе i в регионе r в начале периода времени,

G_n = темпы роста общей занятости в стране за период времени,

G_{in} = темпы роста в секторе i для страны за период времени,

G_{ir} = темп роста в секторе i в регионе r за период времени.

Проведем динамический анализ доли сдвига для анализа регионального роста на основе показателей занятости в отраслях Белгородской области за период 2014 по 2020 гг.

Результаты и их обсуждение

Показатели занятости по отраслям за период 2014 по 2020 гг. и результаты анализа структурных сдвигов региональной экономики представлены в таблице 1.

В Белгородской области отрасли добычи полезных ископаемых, торговли, деятельность гостиниц и предприятий общественного питания, деятельность в области информации и связи характеризуются высоким приростом занятости, то есть вносят существенный вклад в региональное развитие.

Таблица 1
Table 1

Показатели занятости по отраслям за период 2014-2020 гг.
и результаты анализа структурных сдвигов региональной экономики
Employment indicators by industry for the period 2014-2020
and results of the analysis of structural shifts in the regional economy

Отрасль	Количество, тыс. чел.				Темп прироста, %		Эффекты			Сумма эффектов (сдвиг/shift)
	2014		2020		2020/2014		ЭНР	MIX-эффект	DIF-эффект	
	РФ	Белгородская обл.	РФ	Белгородская обл.	РФ	Белгородская обл.				
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	6385,8	129,6	4553,6	100,0	-28,69	-22,84	2,01	-39,19	9,59	-27,59

Окончание табл. 1

Добыча полезных ископаемых	1063,5	23,2	1142,9	26,2	7,47	12,93	0,36	1,37	1,63	3,36
Обрабатывающие производства	9871,7	118,7	9713,5	118,6	-1,60	-0,08	1,84	-3,74	3,64	1,74
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	1913,6	16,4	1588,4	13,3	-16,99	-18,90	0,25	-3,04	-0,06	-2,85
Строительство	5664,1	53,4	6157,0	56,4	8,70	5,62	0,83	3,82	-0,82	3,83
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	12694,5	94,3	13045,7	128,5	2,77	36,27	1,46	1,15	33,05	35,66
Транспортировка и хранение	4567,5	42,2	5440,1	44,2	19,10	4,74	0,65	7,41	-5,41	2,65
Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	1272,1	6,8	1734,3	12,9	36,33	89,71	0,11	2,37	3,74	6,22
Деятельность в области информации и связи	841,4	8,3	1495,4	10,1	77,73	21,69	0,13	6,32	-4,52	1,93
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	5889,2	41,1	1880,8	14,5	-68,06	-64,72	0,64	-28,61	2,01	-25,96
Образование	5519,5	64,8	5331,5	70,7	-3,41	9,10	1,00	-3,21	9,11	6,9
Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	4496,1	45,6	4396,0	47,5	-2,23	4,17	0,71	-1,72	3,63	2,62
Другие виды деятельности	7634,1	63,0	12384,1	98,4	62,22	56,19	0,98	38,22	-2,82	36,38
Всего	67813,1	707,4	68863,3	741,3	1,55	4,79	–	–	–	–

Рассчитано по данным: Регионы России. Социально-экономические показатели 2021: Статистический сборник. // https://gks.ru/bgd/regl/b21_14p/Main.htm; Регионы России. Социально-экономические показатели 2015: Статистический сборник. // https://gks.ru/bgd/regl/B15_14p/Main.htm

Эффект национального роста (ЭНР) показывает возможный рост занятости в каждой из отраслей, который произошел бы в Белгородской области, если бы динамика экономики региона была равна темпам национальной экономики.

В Белгородской области эффект национального роста во всех отраслях положительный. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, обрабатывающие производства показывают более высокий вклад в общий рост занятости по сравнению с другими отраслями. Таким образом, если бы имели место те же темпы национального роста, то изменение занятости было бы выше в этих отраслях.

Эффект промышленного комплекса (МХ-эффект) измеряет численность занятых по отраслям регионального комплекса, соотносит региональную долю сектора с его страновой долей, позволяет оценить скорость динамики в отраслях и влияние мирового спроса [Sirakaya, Choi, Var, 2002].

Положительный МІХ-эффект в ряде отраслей регионального хозяйственного комплекса Белгородской области отражает более высокие темпы роста данных секторов по сравнению с динамикой на национальном уровне.

Отрасли территориального комплекса Белгородской области, в которых величина данного эффекта была меньше единицы, отстают от страновых темпов занятости в аналогичных секторах.

Эффект конкурентной позиции (DIF-эффект) измеряет перспективы роста конкретной отрасли региона более высокими темпами, чем в целом по стране в данном секторе [Лимонов, 2022]. В отраслях, в которых данный эффект положительный, имеются возможности для развития на более высоком уровне и лидерства в данной сфере в стране [Esteban, 2000; Lahr, Ferreira, 2021]. Следовательно, можно говорить о дифференциальном сдвиге и появлении сравнительного преимущества региона в рассматриваемом сегменте. Значит, регион располагает потенциальными конкурентными преимуществами.

Если DIF-эффект отрасли региона составил менее единицы, то данной сектор в территории недостаточно конкурентоспособен в стране.

Как видно из таблицы 1, Белгородская область располагает сравнительными преимуществами в торговле, сельском хозяйстве, образовании, деятельности гостиниц и предприятий общественного питания, секторе здравоохранения и социальных услуг.

Сферы торговли, строительства и добычи полезных ископаемых являются наиболее быстрорастущими подсекторами занятости Белгородской области. Следовательно, реализация программы увеличения финансирования данных отраслей окупятся наиболее быстрыми темпами. Таким образом, разработка политики и ориентация инвестиций на названные сектора ускорили бы экономический рост государства и привлекли крупных инвесторов в долгосрочной перспективе.

Общее изменение занятости в отраслях экономики Белгородской области в 2020 г. по сравнению с 2014 г., оцененное статистическим и динамическим подходами рассмотрено на рисунке 1.

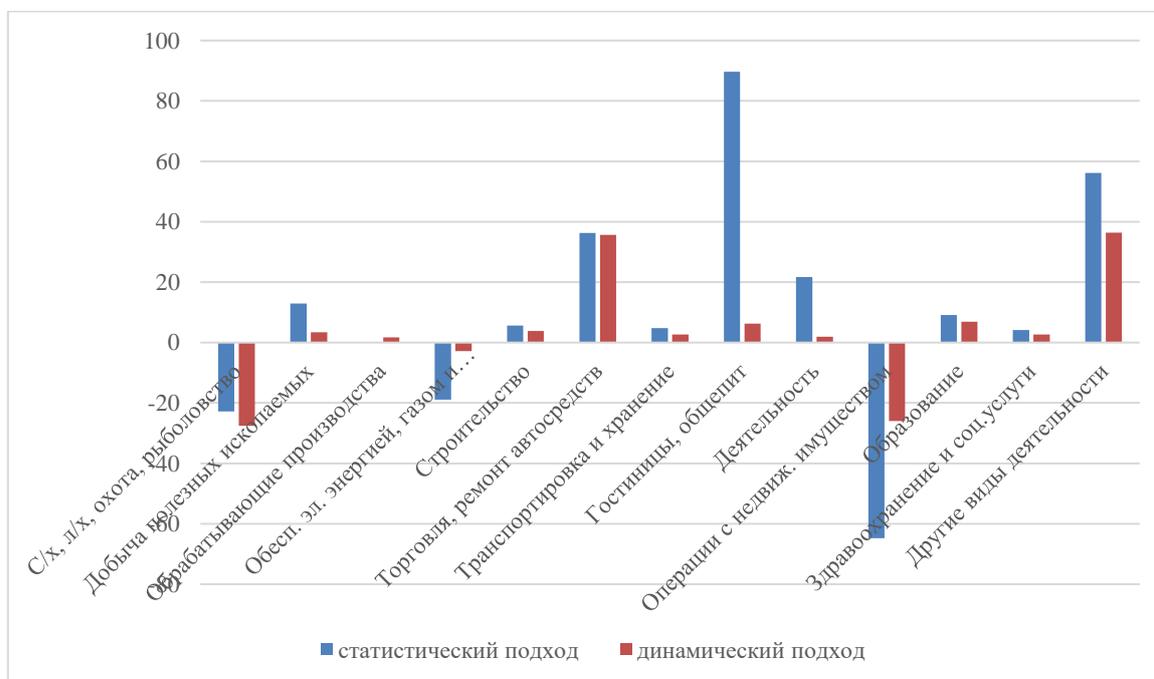


Рис. 1. Прирост занятости в отраслях экономики Белгородской области в 2020 г. по сравнению с 2014 г. по оценкам статистическим и динамическим подходами, %

Fig. 1. Employment growth in the economic sectors of the Belgorod region in 2020 compared to 2014 according to estimates by statistical and dynamic approaches, %

Величина отличий результатов динамического и статического подходов зависит от масштабов изменений в промышленном комплексе и от динамики темпов роста общей занятости в регионе и в стране.

Заключение

Сравнительно-статический подход анализа структурных сдвигов региональной экономики позволяет определить ориентиры для разработки планов и стратегии развития региона.

Динамическая версия анализа структурных сдвигов региональной экономики устраняет некоторые проблемы, связанные с традиционным сравнительно-статическим подходом и обеспечивает более точную оценку изменения занятости на основе трех эффектов.

Динамический подход особенно важен для относительно небольших отраслей экономики и может быть использован для анализа длительного периода времени.

Динамический анализ структурных сдвигов экономики Белгородской области отразил изменения занятости в различных отраслях и секторах. Эти данные могут быть использованы для планирования инвестиций и разработки направлений развития региона.

В целом, фактический общий рост занятости Белгородской области является положительным и имеет более высокие темпы процентного изменения по сравнению с национальным уровнем. Однако переосмысления требуют меры поддержки тех отраслей экономики региона, в которых наблюдалось снижение занятости.

Список источников

- Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021. Статистический сборник. URL: https://gks.ru/bgd/regl/b21_14p/Main.htm
- Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015. Статистический сборник. URL: https://gks.ru/bgd/regl/B15_14p/Main.htm
- Региональная экономика и пространственное развитие в 2 т. Том 1 : учебник для вузов / Л. Э. Лимонов [и др.] ; под общей редакцией Л. Э. Лимонова ; под редакцией Б. С. Жихаревича, Н. Ю. Одинг, О. В. Русецкой. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 319 с.

Список литературы

- Ушакова Е.О., Вдовин С.А. 2019. Анализ структурных сдвигов в экономике региона. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, 3(1): 262-267.
- Arcelus, F. J. 1984. An extension of shift-share analysis. *Growth and change*, 15(1): 3-8.
- Artige, L., Van Neuss, L. 2014. A new shift-share method. *Growth and Change*, 45(4): 667-683.
- Creamer D., Bernstein M. 1954. Introduction to "Capital and Output Trends in Manufacturing Industries, 1880-1948". In *Capital and Output Trends in Manufacturing Industries, 1880-1948*: 1-14.
- Green, R. T., Allaway, A. W. 1985. Identification of export opportunities: A shift-share approach. *Journal of Marketing*, 49(1): 83-88.
- Esteban, J. 2000. Regional convergence in Europe and the industry mix: a shift-share analysis. *Regional science and urban economics*, 30(3): 353-364.
- Herath, J., Gebremedhin, T., Maumbe, B. M. 2010. A dynamic shift share analysis of economic growth in West Virginia. *Regional Research Institute Publications and Working*: 48.
- Herzog Jr, H. W., Olsen, R. J. 1977. Shift-share analysis revisited: The allocation effect and the stability of regional structure. *Journal of Regional Science*, 17(3): 441-454.
- Knudsen, D. C. 2000. Shift-share analysis: further examination of models for the description of economic change. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(3): 177-198.
- Lahr, M. L., Ferreira, J. P. 2021. A reconnaissance through the history of shift-share analysis. *Handbook of regional science*, 25-39.
- Márquez M. A., Ramajo J., Hewings G. J. D. 2009. Incorporating sectoral structure into shift-share analysis // *Growth and change*. 40(4): 594-618.
- Nazara, S., Hewings, G. J. 2004. Spatial structure and taxonomy of decomposition in shift-share analysis. *Growth and change*, 35(4): 476-490.

- Shi, C. Y., Yang, Y. 2008. A review of shift-share analysis and its application in tourism. *International Journal of Management Perspectives*, 1(1): 21-30.
- Sirakaya, E., Choi, H. S., & Var, T. 2002. Shift-share analysis in tourism: examination of tourism employment change in a region. *Tourism economics*, 8(3): 303-324.

References

- Ushakova E.O., Vdovin S.A. 2019. Analiz strukturnykh sdvigo v ehkonomike regiona [Analysis of structural shifts in the regional economy]. *Interehkspo Geo-Sibir'*, 3(1): 262-267.
- Arceus, F. J. 1984. An extension of shift-share analysis. *Growth and change*, 15(1): 3-8.
- Artige, L., Van Neuss, L. 2014. A new shift-share method. *Growth and Change*, 45(4): 667-683.
- Creamer D., Bernstein M. 1954. Introduction to "Capital and Output Trends in Manufacturing Industries, 1880-1948". In *Capital and Output Trends in Manufacturing Industries, 1880-1948*: 1-14.
- Green, R. T., Allaway, A. W. 1985. Identification of export opportunities: A shift-share approach. *Journal of Marketing*, 49(1): 83-88.
- Esteban, J. 2000. Regional convergence in Europe and the industry mix: a shift-share analysis. *Regional science and urban economics*, 30(3): 353-364.
- Herath, J., Gebremedhin, T., Maumbe, B. M. 2010. A dynamic shift share analysis of economic growth in West Virginia. *Regional Research Institute Publications and Working*: 48.
- Herzog Jr, H. W., Olsen, R. J. 1977. Shift-share analysis revisited: The allocation effect and the stability of regional structure. *Journal of Regional Science*, 17(3): 441-454.
- Knudsen, D. C. 2000. Shift-share analysis: further examination of models for the description of economic change. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(3): 177-198.
- Lahr, M. L., Ferreira, J. P. 2021. A reconnaissance through the history of shift-share analysis. *Handbook of regional science*, 25-39.
- Márquez M. A., Ramajo J., Hewings G. J. D. 2009. Incorporating sectoral structure into shift-share analysis // *Growth and change*. 40(4): 594-618.
- Nazara, S., Hewings, G. J. 2004. Spatial structure and taxonomy of decomposition in shift-share analysis. *Growth and change*, 35(4): 476-490.
- Shi, C. Y., Yang, Y. 2008. A review of shift-share analysis and its application in tourism. *International Journal of Management Perspectives*, 1(1): 21-30.
- Sirakaya, E., Choi, H. S., & Var, T. 2002. Shift-share analysis in tourism: examination of tourism employment change in a region. *Tourism economics*, 8(3): 303-324.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Чистникова Ирина Вячеславовна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Irina V. Chistnikova, PhD in Economics, Associate Professor; Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ INVESTMENT AND INNOVATIONS

УДК 338.45

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-684-692

О корректировке целеполагания российской промышленной стратегии и экологической повестки в условиях турбулентной экономической среды

Авилова В.В.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Россия, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68
E-mail: avilovavv@mail.ru

Аннотация. Импульсом к научному переосмыслению приоритетов промышленной политики является радикальное изменение внешних и внутренних экономических реалий, требующее обоснованных решений о сохранении главных задач промышленного развития последних лет – достижения принципов устойчивости и климатической повестки или их корректировки. Проблемой является грамотное ранжирование провозглашенных ранее задач для оценки степени их востребованности в современных условиях, актуальности, эффективности и выполнимости. Отказ от реализации части из них может обернуться нарастанием технологического отставания от мировых промышленных лидеров, что со временем негативно повлияет на глобальную конкурентоспособность российских предприятий. Важен анализ внутренней готовности предприятий к продолжению данного курса и наличия реальных возможностей для его осуществления. В связи с тем, что принципы устойчивого развития и реализация климатической повестки сами явились новыми ориентирами промышленной стратегии, а изменения внешней среды произошли в еще более поздний период, их научное сопровождение является только зарождающимся. Между тем, речь шла о глобальной ревизии применяемых технологий, перестройке ресурсной базы, о новых приемах сетевого взаимодействия на основе широкомасштабного распространения цифровых технологий вдоль всей технологической цепочки: от проектирования, оснащения и управления производством до сбыта продукции. В этой связи целью исследования является выявление оставшихся актуальными недавно провозглашенных приоритетов промышленного развития, отказ от ставших неэффективными программ, выработка дополнительных рекомендаций по целям технологического развития отечественных предприятий, то есть по развитию стратегии промышленного развития страны с учетом макро-, мезо- и микропараметров. Методами исследования явились экспертные оценки специалистов по промышленному развитию, включая глав ряда регионов, руководителей крупнейших промышленных компаний, применение материалов анкетирования по кругу анализируемых вопросов. Основным результатом является вывод о сохранении на уровне субъектов Российской Федерации и ее ведущих экономических игроков приверженности к реализации стратегии устойчивого развития, снижения углеродного следа, циркулярной экономики при изменении темпов осуществления и объемов проектов. Важную роль в этом процессе призваны сыграть меры государственного стимулирования и планомерное развитие инфраструктуры (цифровой, интеллектуальной, информационной, нормотворческой), которые также нуждаются в научной проработке и обосновании. Реализуемая последние годы климатическая повестка уже ввела в научный оборот ряд новых категорий, которые важно позиционировать в ландшафте научных изысканий для обогащения экономической теории.

Ключевые слова: постулаты устойчивого развития промышленности, востребованность принципов ESG российскими предприятиями, корректировка критериев социальной

ответственности бизнеса, использование ESG-банкинга для финансирования отечественных компаний.

Для цитирования: Авилова В.В. 2022. О корректировке целеполагания российской промышленной стратегии и экологической повестки в условиях турбулентной экономической среды. Экономика. Информатика, 49(4): 684–692. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-684-692

On Adjusting the Goal-Setting of the Russian Industrial Strategy and Environmental Agenda in a Turbulent Economic Environment

Vilora V. Avilova

Kazan National Research Technological University
68 K. Marx St, Kazan, Tatarstan, 420015, Russia
E-mail: avilovavv@mail.ru

Abstract. The impetus for a scientific rethinking of industrial policy priorities is a radical change in external and internal economic realities that require informed decisions to preserve the main tasks of industrial development in recent years – achieving the principles of sustainability and the climate agenda – or adjusting them. The problem is the competent ranking of the tasks proclaimed earlier in order to assess the degree of their relevance in modern conditions, relevance, efficiency and feasibility. Refusal to implement some of them may result in an increase in the technological lag behind world industrial leaders, which over time will negatively affect the global competitiveness of Russian enterprises. It is important to analyze the internal readiness of enterprises to continue this course and the availability of real opportunities for its implementation. Due to the fact that the principles of sustainable development and the implementation of the climate agenda were themselves new guidelines for industrial strategy, and changes in the external environment occurred at an even later period, their scientific support is only in its infancy. Meanwhile, it was about the global revision of the applied technologies, the restructuring of the resource base, about new methods of networking based on the large-scale dissemination of digital technologies along the entire technological chain from design, equipment and production management to product marketing. In this regard, the purpose of the study is to identify the remaining relevant recently proclaimed priorities of industrial development, the rejection of programs that have become ineffective, the development of additional recommendations on the objectives of the technological development of domestic enterprises, that is, on the development of the country's industrial development strategy, taking into account macro-meso- and microparameters. The research methods were expert assessments of industrial development specialists, including the heads of a number of regions, heads of the largest industrial companies, the use of survey materials on a range of analyzed issues. The main result is the conclusion that at the level of the constituent entities of the Russian Federation and its leading economic players, the commitment to the implementation of the strategy of sustainable development, reduction of the carbon footprint, circular economy, while changing the pace of implementation and volume of projects, is maintained. An important role in this process is to be played by government incentives and the systematic development of infrastructure (digital, intellectual, information, norm-setting), which also need scientific study and justification. The climate agenda implemented in recent years has already introduced a number of new categories into scientific circulation, which are important to position in the landscape of scientific research to enrich economic theory.

Keywords: the postulates of sustainable industrial development, the demand for ESG principles by Russian enterprises, the adjustment of business social responsibility criteria, the use of ESG banking to finance domestic companies.

For citation: Avilova V.V. 2022. On adjusting the Goal-Setting of the Russian Industrial Strategy and Environmental Agenda in a Turbulent Economic Environment. Economics. Information technologies, 49(4): 684–692. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-684-692

Введение

Важную роль в турбулентной экономической среде имеет динамичная корректировка актуальных целей промышленной политики. Проблема включает в себя баланс глобальных и страновых приоритетов, позволяющий, с одной стороны, сохранять конкурентоспособность и имидж социально ответственных компаний ведущим российским производителям, а с другой, обеспечить реализацию отечественных промышленных целей, учитывающих реалии технологического, ресурсного, инновационного, инфраструктурного и цифрового факторов. Формирующаяся новая реальность требует периодической ревизии сложившихся глобальных трендов, к которым относятся наиболее популярные в последние годы цели устойчивого развития ESG, выработанные Организацией Объединенных Наций, климатическая повестка и стратегия декарбонизации, переход промышленности к модели замкнутого цикла. Базирующиеся на обоснованных научных идеях, они в глобальном масштабе фактически превратились в фетиш, оказывающий влияние на стратегию промышленного развития Российской Федерации. Проблемой, требующей решения, является то, что уход отечественного экспортно-ориентированного бизнеса с европейских рынков и их замена на азиатские не делает задачу следования мировым трендам менее актуальной, поскольку перечисленные тренды массово реализуются и там. Преимуществом российской промышленной практики является умение адаптироваться к постоянным изменениям в условиях непрерывных трансформаций ситуации на макроуровне. Более того, накопленный опыт позволяет критически оценить такие элементы глобальных трендов как темпы перестройки технологий и цепочек поставок, масштабы этих процессов, источники и объемы финансирования, критерии успешности реализации проектов и международные стандарты. Богатство природных ресурсов страны позволяет разработать суверенные критерии для отбора тех элементов стратегии устойчивого развития промышленности, которые будут выгодны российскому бизнесу и смогут стать весомым вкладом в копилку лучшей мировой практики.

Глобальный тренд ESG-развития абсолютизирует роль климатической повестки, рекомендуя отказаться от проектов, выходящих за рамки экологических, социальных и управленческих требований Организации Объединенных Наций, вплоть до отказа от инвестиций в разведку и разработку новых месторождений нефти и газа. Результатом является ориентация на экономически не эффективные в ближайшей перспективе решения. В этой ситуации важен анализ лучших отечественных практик, обеспечивающих рост доходов бизнеса в сочетании с принципами климатической повестки. Эта деятельность требует научного обоснования актуальных для России приоритетов, позволяющих увеличить временной горизонт принятия решений за счет опоры на отечественные инновации и внедрение интеллектуальной собственности, сгенерированной нашими учеными.

Российская экономическая наука получает для критического анализа первые данные по проблемам промышленного развития, ориентирующегося преимущественно на стандарты ESG. Их объем позволяет переосмыслить постулаты устойчивого развития, выявить некую противоречивость требований и на этой основе актуализировать критерии ESG-повестки с учетом российских природных богатств, применяемых ныне технологий и научно-исследовательской базы. Для тех правил устойчивого развития, которым эффективно следуют российские предприятия, пока не разработаны механизмы реализации, позволяющие взвешенно переходить к новой модели развития. В качестве особого блока программ необходима выработка требований к ESG-банкингу, предполагающему широкий спектр моделей финансирования проектов. Динамичное изменение глобального экономического ландшафта уже выявило необходимость периодического аудита и обновления критериев устойчивого развития. Эта часть экономических исследований становится все более актуальной в связи с вовлечением в ESG-проекты все большего числа государств и компаний, с которыми у отечественных производителей осуществляется сетевое взаимодействие, следовательно, их масштаб и успешность неизбежно будут приниматься во внимание при формировании имиджа бизнес-единиц.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является доминировавшая последние годы в мире стратегия устойчивого развития Организации Объединенных Наций, оценивающая деловую репутацию промышленных предприятий на основе 17 критериев ответственного производства и потребления, перехода к циркулярной модели экономики и других, затрагивающих технологическую основу промышленности. Предмет исследования – аудит качества критериев, их внутренняя противоречивость, актуальность выполнения в Российской Федерации, своевременность реализации, возможность внедрения. Отбор значимых для страны целей устойчивого развития потребовал использования метода компаративного анализа российского и зарубежного опыта перехода на модель устойчивого развития. Прогноз последствий тотального и необоснованного выполнения всех требований ESG-повестки и их влияния на финансовые результаты работы предприятий потребовал применения метода исследования причинно-следственных связей. Анализ возможностей и барьеров масштабной проблемы трансформации промышленности связан с применением системно-структурного анализа. Ввод в научный оборот ряда нетрадиционных категорий, отражающих ход процесса перехода к модели устойчивого развития, связан с теоретическими приемами исследований. Ограниченное число научных разработок в данной сфере, вызванное ее относительно недавним отпечкованием в виде особого раздела экономических знаний, потребовало применения метода экспертных оценок как от представителей промышленности, так и из банковского сектора. Выработка предложений, повышающих эффективность мер государственного стимулирования построения модели устойчивого развития связана с использованием методов анализа и синтеза.

Результаты и их обсуждение

Проблема трансформации целеполагания стратегии промышленного развития Российской Федерации носит системный характер, затрагивая экономическую, технологическую, экологическую, социальную, организационную, управленческую, научно-исследовательскую и культурологическую компоненты. Если первые шаги по адаптации предприятий страны к 17 целям устойчивого развития Организации Объединенных Наций воспринимались в качестве безальтернативного сценария для инновационного развития отраслей в силу стремления сочетать конкурентоспособность на глобальном уровне с потребностью оптимизировать климатическую повестку внутри страны, то после этапа научного анализа экономических реалий возник вопрос о востребованности, осуществимости и эффективности быстрой трансформации производства [Климатическая повестка 2030].

Первым барьером быстрой пересборки промышленных комплексов на принципах декарбонизации, снижения углеродного следа, использования возобновляемых видов сырья и альтернативных источников энергии является высокий уровень издержек, сопровождающийся падением прибыли. Более того, промышленность столкнулась с вызовами, идущими от банковского сектора, предлагающего кредиты и инвестиции в крупные проекты после их успешного прохождения оценки по критериям ESG. Между тем, отказ от традиционного приоритета промышленных предприятий (роста прибыли) игнорирует тот факт, что именно из доходов компаний происходит финансирование инновационного развития, решение социальных, культурологических, экологических и климатических задач [Информационные материалы ...].

Радикальными приверженцами ESG-стратегии не принимается во внимание очевидный факт, что при осуществлении текущей деятельности предприятия, в соответствии с российским законодательством, автоматически финансируют расходы по охране природы, охране труда, повышению квалификации персонала, уплате налогов, то есть проявляют социальную ответственность бизнеса [Руднева, Симарова и др., 2021]. Но важнейшая роль промышленности заключается в реализации принципов закона соответствия спроса и предложения, стимулирующего заводы удовлетворять динамично меняющиеся потребности населения.

Анализ практик внедрения принципов ESG в промышленности показывает, что следование им отнюдь не гарантирует устойчивого развития компаний. Уже выявлены примеры, когда достижение требуемых системой ESG индикаторов сопровождается финансовыми убытками. Корреляция высокого уровня достижения показателей системы ESG с ростом прибыли предприятий наблюдается пока только у крупных и рентабельных производств.

Предприятия, ответственно относящиеся к внедрению стратегии ESG, уже неоднократно сталкивались с противоречиями внутри самой системы. Так, перед научным сообществом ставится вопрос о сценарии одновременного выполнения требований технического прогресса и сохранения занятости. Не менее сложно сочетать критерии экологии и занятости. Следовательно, необходимо ставить вопрос о ревизии принципов ESG, изменении редакции их формулировок, разъяснении механизмов сочетания разнонаправленных рекомендаций. Это востребовано, прежде всего, российскими компаниями, обратившимся за присвоением рейтинга ESG.

Для формирования более реальных ESG-критериев предлагается осуществить более тесную их привязку к прибыли предприятия [Бобылев, 2007].

Прежде всего, прибыль компании должна занимать верхнюю позицию в иерархии целей при выполнении следующих условий:

- из нее компания финансирует воспроизводство и развитие человеческого, интеллектуального, технологического, информационного, экологического, ресурсного и климатического капитала;

- получаемый предприятием от текущей производственной деятельности и реализованных новых проектов доход должен носить долговременный характер. Только эта основа позволит моделировать стратегию устойчивого развития бизнеса;

- рост прибыли в условиях санкций недружественных государств должен обеспечивать не столько импортозамещение, сколько основываться на внедрении проектов, ведущих к технологическому рывку и реагировать на потенциальные регуляторные риски.

Актуальным является введение дополнительных критериев, отражающих специфику экономики страны и влияющих на устойчивое развитие промышленности [Гурьева, 2020].

Прежде всего речь идет об интеллектуальном импортозамещении, выражающемся в коммерциализации на промышленных предприятиях отечественных патентов и лицензий российского программного обеспечения.

Не менее важно после реального аудита ресурсной базы страны запланировать менее динамичное изменение темпов перехода на возобновляемые источники сырья и альтернативную генерацию электроэнергии.

Неизменность глобального общего тренда российской промышленности в постепенном достижении технологических решений, обеспечивающих сочетание принципов национальной безопасности с климатической повесткой, требует выявления лучших практик отечественных компаний в этой сфере, их анализа на предмет возможного тиражирования и масштабирования. Эффективной формой работы государства в сфере климатической повестки может стать формирование информационной инфраструктуры, доводящей сущность осуществленных в отечественной промышленности шагов в этой сфере как до широких кругов представителей российского бизнеса, так и в мировом масштабе [Малов, Летягина, 2019]. Это послужит доказательной базой преимуществ многих осуществляемых в нашей стране программ и подходов по сравнению с зарубежными [Гурьева, Бутко, 2020].

Одновременно российская промышленность может после критического анализа зарубежных практик использовать имеющиеся там лучшие наработки, пользуясь классическим преимуществом государства, начавшим после европейских стран внедрять ESG-стратегию. Такой подход позволит минимизировать издержки глобальной трансформации промышленности за счет применения успешно внедренных ранее за рубежом проектов, сочетающих приверженность принципам устойчивого развития со значимыми финансовыми результатами. Кроме того, использование ряда успешных зарубежных наработок уменьшит

число возникающих в процессе перестройки деятельности предприятий рисков технологического, организационного, финансового, экологического и социального порядка. И, что не менее важно, продемонстрирует обоснованность корректировки критериев устойчивого развития, выработанных Организацией Объединенных Наций, и адекватность их использования в хозяйственной практике промышленных предприятий.

Крупный масштаб ESG-проектов, реализуемых в промышленности, требует масштабных инвестиций, поддерживаемых банковским сектором страны. В Российской Федерации формируется влиятельная сфера ESG-банкинга, ядром которой становится системная модель, включающая комплексный, органический, цифровой, реальный, ситуационный и инновационный виды ESG-банкинга [ESG-банкинг для ЦУР и Национальных проектов, 2020].

Изложенные экспертным сообществом преимущества комплексного ESG-банкинга являются применимыми и к деятельности промышленных предприятий [Суверенный ESG-банкинг, 2022].

К ним можно отнести:

- увеличение горизонта принятия решений за счет ориентации на долгосрочные программы и длительный период получения прибыли, а не принятие сиюминутных решений;
- расширение спектра учитываемых рисков в связи с анализом экологических, социальных и управленческих факторов, дополняющих традиционные технологические, экономические, форс-мажорные политические и природные;
- обоснованное и постепенное изменение регуляторных требований взамен быстрой смены целей развития предприятий, их бизнес-моделей и стратегий;
- необходимость формировать нефинансовую ESG-отчетность.

С учетом переформатирования структуры и деятельности предприятий для осуществления крупных проектов по достижению целей устойчивого развития, формируется концепция российского суверенного «ESG-банкинга, учитывающего множество альтернатив при решении каждой из указанных задач, охватывающего на уровне алгоритмов все уровни и варианты используемых таксономий, функции и процедуры управления, стимулы, персональную ответственность, порядок распределения ресурсов» [ESG-Banking: Made in Russia, 2020].

Позитивную роль в промышленном развитии играет формирующийся в России органический ESG-банкинг, основанный на том, чтобы:

- управлять, а не спекулировать рисками;
- обеспечить долгосрочность получения прибыли [Исследование «ESG-банкинг в России», 2020];
- формировать корпоративную культуру, связанную с целями устойчивого развития, на основе повышения квалификации персонала и обучение его современными компетенциями;
- адаптировать бизнес к применению разных систем учета и отчетности;
- отказаться от временного доминирования отдельных модных показателей в угоду комплексной стратегии устойчивого развития компании;
- сочетать лучшую мировую практику с местными условиями;
- повышать уровень жизни персонала [ESG banking in the transformational economy, 2020].

Динамичность изменения ситуации вокруг стратегии устойчивого развития делает невозможным внедрение принципов ESG без использования IT-технологий. Это затрагивает в равной мере и промышленный, и банковский сектора. С помощью математических моделей целеполагание в области устойчивого развития трансформируется в алгоритмы и схемы преобразований, облегчается сетевое взаимодействие, оптимизируются логистические цепочки. Оценочные приемы, основанные на применении искусственного интеллекта,

позволяют выявить внутреннюю непротиворечивость и достоверность отчетности по достижению предприятием критериев устойчивого развития. Периодическое изменение регуляторных требований на глобальной экономической площадке позволяет компаниям своевременно подкорректировать тактику развития.

Нарастание числа новых экономических ситуаций на макро- и мезоуровне, периодическое изменение структуры спроса, моральное устаревание ряда товаров и технологий под воздействием инновационного развития, с одной стороны, постоянно требуют совершенствования организационно-управленческих процессов на предприятии, являясь рутинными видами его деятельности. Но, с другой, стороны, именно эти процедуры являются первичными, обеспечивающими устойчивое положение компаний в краткосрочном периоде. В этой связи часть внедряемых инноваций, не связанных очевидным образом с принципами ESG-повестки логично интегрировать в общую систему нефинансовой отчетности компаний. Особенно это обосновано для предприятий, внедряющих инновационные проекты. Дело в том, что они обеспечат быструю адаптацию предприятий к новым условиям ведения бизнеса на следующих этапах экономического развития.

Ярким примером информационной прозрачности в сфере устойчивого развития является промышленный комплекс Республики Татарстан, предприятия которого раскрывают перед Министерством экологии данные со своих станций контроля атмосферного воздуха. Компании Татарстана вложили за 5 лет 20 миллиардов рублей в природоохранную деятельность. В эти инвестиции предприятий вошло строительство очистных сооружений и внедрение технологий по сокращению выбросов в атмосферу. Итогом последовательной работы по климатической повестке стало снижение количества выбросов парниковых газов, образуемых в промышленности, на 21,4% за 30 лет при увеличении объемов выпуска валового регионального продукта в 2,6 раза.

Вклад промышленности в создание высокотехнологичных производств, соответствующих критериям устойчивого развития, будет тем весомее, чем больше форм государственной поддержки они получают [Конституция Российской Федерации]. Речь идет не только об экономических мерах стимулирования, но и создании информационной и цифровой инфраструктуры. Поскольку многие технологии, нацеленные на экологическую часть принципов устойчивого развития (environment), базируются на иностранной интеллектуальной собственности и зарубежном программном обеспечении, своевременным будет решение об интеллектуальной амнистии российских компаний, адаптирующих эти наработки к своей хозяйственной практике. Это будет залогом поддержания устойчивости их работы. Современный уровень цифровизации производства позволяет тиражировать меры поддержки проектов, связанных с устойчивым развитием, и облегчить их применение предприятиями [Распоряжение Правительства РФ..., 2008].

Так, в ПАО «Казанский завод органического синтеза», входящем в холдинг СИБУР, успешно внедрен такой цифровой инструмент как ЭКОИС — система, которая визуализирует влияние на экономику предприятия наиболее значимых параметров технологического процесса, к которым относятся расход сырья, материалов, энергоносителей, давление, температура и другие [ПАО «СИБУР Холдинг»]. Развитие данной системы представляет собой прямой шаг к одновременной оценке критериев устойчивого развития с финансовыми результатами работы компаний. На указанном предприятии, имеющем большие объемы производства и потоки товарно-материальных ценностей, ощутимый эффект дал запуск цифровых умных складов с автоматической системой адресного хранения. Благодаря штрих-кодам, которыми маркируются все поступающие ресурсы, программа автоматически находит свободное место и доставляет продукт по указанному адресу. Данная программа на 20% увеличила скорость процессов и на 70% сократила ошибки, порожденные человеческим фактором. Подобные практики фактически подпадают под требование 12-й цели устойчивого развития Организации Объединенных наций, провозглашающей ответственное производство и потребление и 9-й цели «Индустриализация, инновации и инфраструктура».

Заключение

Главенствующие в последние годы стратегические цели устойчивого развития Организации Объединенных Наций воспринимались безоговорочно, а следование им являлось для российских компаний безальтернативным. Однако изменения внешней для нашей страны среды послужило толчком к критическому переосмыслению корректности и однозначности их формулировок, выявлению внутренней противоречивости, а также востребованности, актуальности и позитивного влияния на экономическое благополучие Российской Федерации.

Сам факт наличия стратегии глобального развития, нацеленной на экономический рост, достойную работу (цель устойчивого развития 8), хорошее здоровье и благополучие (цель номер 3), сгенерированных новым этапом индустриализации и инновациями (цель номер 9) является позитивным шагом в развитии общества. Однако абсолютизация его целей часто противоречила традиционным для развития промышленности ориентирам – росту прибыли и стоимости бизнеса. На второй план стали отходить проекты, позволяющие получить кратковременный эффект, но сопровождающиеся быстрыми темпами трансформаций.

Приоритет климатической повестки по отношению к основным драйверам управления производством не может стандартно формулироваться для всех стран ввиду дифференциации их ресурсной и технологической базы, а также культуры производства. В этой связи целесообразно переосмыслить и адаптировать к особенностям российской экономики приоритетные критерии ESG-повестки. В первую очередь это касается процессов снижения углеродного следа, объемов применения альтернативных источников энергии и возобновляемых видов сырья. Богатство нашей страны природными ресурсами позволяет индивидуализировать темпы отказа от использования нефти и газа промышленностью страны. Уже давно и последовательно реализуемые предприятиями мероприятия по декарбонизации обоснованно рассматривать не как текущее развитие производства, а в качестве реализации принципов ESG, а принцип долгосрочности переместить на второй план. Промышленность России реализует стратегию устойчивого развития с учетом особенностей ресурсной базы, наличия конкретных технологий и перспективы разработки собственных патентов в данной сфере.

Параллельно все более полной и прозрачной становится нефинансовая отчетность компаний, ведется учет возможных ESG-рисков, развивается суверенный ESG-банкинг. Можно констатировать успешную реализацию собственной стратегии устойчивого развития промышленного комплекса страны. Перечисленные действия являются залогом конкурентоспособности промышленных предприятий страны на мировых рынках, учитывающих усилия производителей на пути к реализации стратегии, выработанной Организацией Объединенных Наций и принятой как странами-лидерами, так и государствами-последователями.

Список источников

- Высоков В.В. 2022. Суверенный ESG-банкинг. URL: https://www.centrinvest.ru/uploads/doc/articles/suverenyjesgbanking_compressed.pdf (дата обращения: 24.02.2022).
- Информационные материалы о национальном проекте «Экология». URL: <http://government.ru/info/35569/> (дата обращения: 11.06.2020).
- Исследование «ESG – банкинг в России». 2020. URL: https://asros.ru/upload/iblock/387/ihth197wie0u20lxdxki74di4vbj3ylm/ESG_banking-v-Rossii_web_rus.pdf (дата обращения: 24.02.2020).
- Климатическая повестка 2030. Russiancouncil.ru. URL: <https://russiancouncil.ru/en/climate2030> (дата обращения: 24.02.2020).
- Конституция Российской Федерации. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения: 24.05.2020).
- ПАО «СИБУР Холдинг». URL: http://investors.sibur.com/results-centre/historical-data-book.aspx?sc_lang=ru-RU. (дата обращения: 24.05.2020).
- Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 г. № 1662-р (ред. от 10.02.2017) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.05.2020).

- Экономика персонала (в схемах и таблицах) / Л. Н. Руднева, И. С. Симарова, М. А. Гурьева, О. В. Руденок. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021, 283 с.
- ESG – банкинг для ЦУР и Национальных проектов. 2020. URL: https://www.centrinvest.ru/files/smi/pdf/esg_banking_dlya_tsur_i_nacionalnih_proektov.pdf (дата обращения: 24.02.2020).
- Vysokov V.V. 2020. ESG banking in the transformational economy. URL: <https://www.centrinvest.ru/files/smi/pdf/HTI-2020-VVysokov-ESG-banking.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).
- Vysokov V.V. ESG Banking: Made in Russia. 2020. URL: <https://www.centrinvest.ru/files/smi/pdf/ESG.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).

Список литературы

- Бобылев С.Н. 2007. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. Пособие по региональной экологической политике. Монография. Москва: Акрополь, 59 с.
- Гурьева М. А., Бутко В. В. 2020. Исследование общественного мнения о познании ключевых аспектов устойчивого развития и циркулярной экономики. Экономика, предпринимательство и право, 10(7): 1901-1920. DOI 10.18334/epp.10.7.110604.
- Гурьева М. А. 2020. Разработка и апробация методического инструментария комплексной оценки развития циркулярной экономики. Вопросы инновационной экономики, 10(3): 1425-1448. DOI 10.18334/vinec.10.3.110517.
- Малов Д.Н., Лetyагина Е.Н. 2019. Разработка нейросетевой модели кластеризации экономики для анализа инвестиционной привлекательности предприятий. Креативная экономика, 8: 1529-1536. doi: 10.18334/ce.13.8.4093.

References

- Bobylev S.N. 2007. Indicators of sustainable development: regional dimension. Handbook on regional environmental policy. Monograph. Moscow: Acropolis, 59 p.
- Gur'eva M. A., Butko V. V. 2020. Public opinion research on the knowledge of key aspects of sustainable development and circular economy. Economics, entrepreneurship and law, 10(7): 1901-1920. DOI 10.18334/epp.10.7.110604.
- Gur'eva, M. A. 2020. Development and approbation of methodological tools for a comprehensive assessment of the development of the circular economy. Questions of innovative economics, 10(3): 1425-1448. DOI 10.18334/vinec.10.3.110517.
- Malov D.N., Letyagina E.N. 2019. Development of a neural network model of economic clustering to analyze the investment attractiveness of enterprises. Creative Economy, 8: 1529-1536. doi: 10.18334/ce.13.8.4093.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Авилова Вилора Вадимовна, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Татарстан, почетный работник высшего образования Российской Федерации, профессор кафедры бизнес-статистики и экономики Казанского национального исследовательского технологического университета, г. Казань, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vilora V. Avilova, Doctor of Economics, Professor, Honored Scientist of the Republic of Tatarstan, Honorary Worker of Higher Education of the Russian Federation, Professor of the Department of Business Statistics and Economics, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

УДК 330.146

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-693-706

Оценка стоимости интеллектуального капитала: взгляд инвестора

¹ Кох Л.В., ¹ Кох Ю.В., ² Данейкин Ю.В.

¹ Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
Россия, 190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3

² Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,
Россия, 173003, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д.41
E-mail: lkoh@mail.ru, y_kokh@mail.ru, yury.daneykin@novsu.ru

Аннотация. В инновационной экономике на первые места по рыночной капитализации выходят цифровые компании, такие как Apple, Microsoft, Alphabet (Google) и другие. Большой разрыв между рыночной и балансовой стоимостью этих компаний доказывает наличие у них скрытых активов, получивших название «интеллектуальный капитал». Для инвестора информация об интеллектуальном капитале закрыта, о его структуре и стоимости инвестор может только догадываться. Любые предположения о стоимости и компонентах интеллектуального капитала строятся инвестором на основе непроверенных данных. В этом вопросе инвестором можно легко манипулировать. Целью данного исследования является раскрытие сущности интеллектуального капитала, анализ структуры и методов оценки интеллектуального капитала, выработка предложений о возможных вариантах раскрытия информации о структуре и стоимости интеллектуального капитала для инвесторов. В процессе исследования были проанализированы научные публикации, касающиеся проблем, связанных с интеллектуальным капиталом, а также использовались методы, применяемые для оценки стоимости бизнеса. В результате проведенного исследования авторы предложили структуру интеллектуального капитала и алгоритм расчёта его стоимости, обосновали необходимость введения в годовую отчетность раздела «Интеллектуальный капитал», где будет раскрыта максимально возможная информация о его структуре и стоимости компонента.

Ключевые слова: инновационная экономика, интеллектуальный капитал, нематериальные активы, структура интеллектуального капитала, стоимость интеллектуального капитала.

Для цитирования: Кох Л.В., Кох Ю.В., Данейкин Ю.В. Оценка стоимости интеллектуального капитала: взгляд инвестора. Экономика. Информатика, 49(4): 693–706. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-693-706

Valuation of Intellectual Capital: an Investor's View

¹ Larisa V. Kokh, ¹ Yuriiy V. Kokh, ² Yuriiy V. Daneykin

¹ State Marine Technical University,

3 Lotsmanskaya Str, Saint-Petersburg, 190121, Russia

² Yaroslav-the-Wise Novgorod State University,

41 Bol'shaya Sankt-Peterburgskaya Str, Velikiy Novgorod, 173003, Russia

E-mail: lkoh@mail.ru, y_kokh@mail.ru, yury.daneykin@novsu.ru

Abstract. In the innovative economy, digital companies, such as Apple, Microsoft, Alphabet (Google) and others, take the first places in terms of market capitalization. The large gap between the market and book value of these companies proves that they have hidden assets, called "intellectual capital". For the investor, information about intellectual capital is closed; the investor can only guess about its structure and value. Any assumptions about the value and components of intellectual capital are built by the investor on the

basis of unverified data. In this matter, the investor can be easily manipulated. The purpose of this study is to reveal the essence of intellectual capital, analyze the structure and methods for assessing intellectual capital, develop proposals for possible options for disclosing information about the structure and value of intellectual capital for investors. In the course of the study, scientific publications concerning the problems associated with intellectual capital were analyzed, and the methods used to assess the value of a business were also used. As a result of the study, the authors proposed the structure of intellectual capital and an algorithm for calculating its value, substantiated the need to introduce the section “Intellectual capital” into the annual reporting, where the maximum possible information about its structure and cost of components will be disclosed.

Keywords: innovation economy, intellectual capital, intangible assets, structure of intellectual capital, cost of intellectual capital

For citation: Kokh L.V., Kokh Y.V., Daneykin Y.V. 2022. Valuation of Intellectual Capital: an Investor's View. Economics. Information technologies, 49(4): 693–706 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-693-706

Введение

14 сентября 1998 года впервые в истории мировой экономики компания Microsoft заняла первое место в рейтинге по рыночной капитализации, потеснив производителя техники General Electric. Прошло почти четверть века и сегодня уже никого не удивляет тот факт, что первые места в рейтингах по рыночной капитализации занимают компании цифровой экономики.

Основу компаний цифровой экономики составляют информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). Концепция применения ИКТ [Bukh, Heeks, 2017] предполагает, что если на вопрос: «Может ли компания осуществлять свою деятельности без ИКТ?» получен ответ «нет», то компания относится к сегменту цифровой экономики.

В таблице 1 приведены крупнейшие в мире по рыночной капитализации компании цифровой экономики.

Таблица 1
Table 1

Крупнейшие цифровые компании мира по рыночной капитализации
The largest digital companies in the world by market capitalization

Место в рейтинге	Название	Рыночная капитализация, млрд.	Место в рейтинге	Рыночная капитализация, млрд.	Место в рейтинге	Рыночная капитализация, млрд.
на 31.01.2022			на 31.01.2021		на 31.01.2019	
1	Apple Inc.	\$2 780	2	\$2 213	4	\$720
2	Microsoft	\$2 311	3	\$1 653	2	\$789
4	Alphabet Inc.	\$1 770	6	\$1 203	3	\$737
7	Meta Platforms	\$839	8	\$757	6	\$413
9	Tencent	\$561	9	\$738	7	\$401

Составлено авторами по данным Forex Market Sentiment – Indicators & Web Tools

Рассчитаем стоимость крупнейших цифровых компаний. Совокупную рыночную капитализацию фирмы (Enterprise Value, EV) определим по формуле:

$$EV = LTL - Cash + P_e \times N, \quad (1)$$

где LTL – долгосрочные обязательства компании по балансу;
 $Cash$ – денежные средства по балансу на дату анализа;
 P_e – курс акции;
 N – количество акций в обращении.

Последнее слагаемое показывает рыночную стоимость собственно капитала компании, т.е. ее рыночную капитализацию. Стоимость заемного капитала определяется по балансовой стоимости за минусом имеющихся у компании денежных средств. Расчеты совокупной рыночной капитализации представлены в таблице 2.

Таблица 2
Table 2

Сравнение балансовой стоимости и совокупной рыночной капитализации цифровых компаний
Comparison of book value and total market capitalization of digital companies

Название	Совокупная рыночная капитализация, млрд.	Балансовая стоимость, млрд.	Неотраженная в балансе стоимость%	Совокупная рыночная капитализация, млрд.	Балансовая стоимость, млрд.	Неотраженная в балансе стоимость%
	2020 год			2021 год		
Apple Inc.	\$2 134	\$324	85	\$2 688	\$351	87
Microsoft	\$1 598	\$304	81	\$2 263	\$334	82
Alphabet Inc. (Google)	\$1 203	\$320	73	\$1 770	\$359	80
Meta Platforms (Facebook)	\$757	\$159	79	\$839	\$166	80

Составлено авторами по финансовой отчетности компаний и расчетам авторов

Таким образом, мы подтвердили ранее высказываемое многими исследователями предположение о том, что у компаний цифровой экономики большая часть их рыночной стоимости не отражена в балансе. Возникает вопрос: что привлекает инвесторов цифровых компаний? Что именно скрыто от зоркого взгляда инвестора? У всех, кто задавал себе этот вопрос, был всегда один ответ: интеллектуальный капитал (ИК).

С середины 90-х годов XX века было опубликовано большое количество работ, посвященных проблемам, связанным с интеллектуальным капиталом. Исследователей этой проблемы интересовали вопросы о природе происхождения интеллектуального капитала, о возможностях его измерения, о влиянии интеллектуального капитала на стоимость фирмы. В этот период интеллектуальным капиталом компании объясняли разность между рыночной и балансовой стоимостью компании [Brookin, 1996; Galbraith, 1996; Bontis, 1996; Edvinsson, Malone, 1997]. 1990-е годы прошлого века характеризуются бумом развития интернет-компаний в США, и, хотя все закончилось крахом доткомов (с марта 2000 по октябрь 2002 года NASDAQ потерял почти 80% капитализации) [Валюх, 2022], интерес к интеллектуальному капиталу не пропал, а сегодня возрос с новой силой, что объясняется цифровизацией экономики.

Результаты и их обсуждение

Большой разрыв между рыночной стоимостью и балансовой стоимостью цифровых компаний доказывает существование активов, которые не отражаются в финансовой отчетности. Таким образом, финансовая отчетность, которая составляется для того, чтобы предо-

ставлять информацию в первую очередь инвесторам для принятия решений покупать, держать или продавать ценные бумаги компании, свою функцию до конца не выполняет. Для устранения этого недостатка предлагается ввести в годовой отчет компании раздел «Интеллектуальный капитал», в котором будет раскрываться информация, позволяющая инвестору принимать взвешенные решения по вопросам инвестирования в компании. Так как ИК компании уникален, мы предлагаем разделить его на две группы: оцениваемый и неопределяемый. Определив стоимость ИК в целом, выделяем компоненты ИК, которые можно идентифицировать и рассчитать их стоимость с большой степенью точности. Суммировав стоимость измеренных компонентов ИК, вычитаем ее из стоимости совокупного ИК. Таким образом, инвестор имеет информацию о стоимости ИК в целом, его отдельно оцениваемых компонентов и, по остаточному принципу, о стоимости неопределяемой части ИК.

Интеллектуальный капитал сегодня – это не просто разность рыночной и балансовой стоимости, но и интеллектуальный материал, который можно формализовать, собрать и использовать для производства актива с более высокой стоимостью [Klein, Prusak, 1994]; это знания, которые могут быть преобразованы в ценность [Edvinsson, Malone, 1997]; это инструмент для создания богатства [Stewart, 1998]. Интеллектуальный капитал как знания способствует генерированию прибыли [Sullivan, 2000] и повышению эффективности деятельности компании [Mubarik, Bontis, Mubarik, Mahmood, 2022].

Коллектив авторов из Греции, рассматривая проблему влияния интеллектуального капитала на рыночную стоимость и финансовую эффективность компании, пришел к выводу, что под интеллектуальным капиталом следует понимать скрытую стоимость, которая не отражается в финансовой отчетности и ведет к получению компанией конкурентных преимуществ [Dimitrios Maditinos, Dimitrios Chatzoudes, Charalampos Tsairidis, Georgios Thegiou, 2011].

Дебаты относительно сущности интеллектуального капитала продолжаются по сей день, но все сходятся во мнении, что интеллектуальный капитал специфичен. Он отличается от других видов активов компании. Специфика ИК как актива заключается в том, что, во-первых, внося существенный вклад в инновационное развитие предприятия и в увеличение его стоимости, интеллектуальный капитал не имеет материальной формы, ему присущ признак неосвязаемости. Во-вторых, некоторые виды интеллектуальных активов имеют неденежную природу. В-третьих, интеллектуальный капитал уникален по своей природе, его, как правило, трудно скопировать, его нельзя заменить материальными или денежными активами. Это дает право и диктует необходимость рассматривать его как самостоятельный актив, структурировать его, оценивать и управлять им. Наличие ИК применительно не к предприятиям цифровой экономики свидетельствует о том, что компания осуществляет инновационную деятельность, т.е. разработку инновационных продуктов, услуг и их коммерциализацию.

Интеллектуальный капитал компании часто называют «скрытые активы», поскольку трудно определить их вклад в фирму и количественно оценить их в финансовой отчетности [Fincham, Roslender, 2003]. Они, как правило, там просто отсутствуют. В финансовой отчетности можно найти информацию о некоторых нематериальных активах компании при условии, что они обладают признаками актива. Согласно International Financial Reporting Standards (IAS) 38 «Нематериальные активы», для отнесения актива к группе нематериальных активов (НМА) и отражения его в балансе компании необходимо выполнение следующих условий: актив должен быть идентифицирован, компания должна его полностью контролировать, а в будущем актив должен приносить экономические выгоды. Помимо этих требований, у этого актива должна быть определена надежным способом его первоначальная стоимость и срок полезного использования такого актива должен быть свыше одного года.

Для предприятий, работающих в условиях инновационной экономики, тем более для цифровых компаний, доля нематериальных активов должна быть достаточно высока. Мно-

гие специалисты в области инвестиций высказывают гипотезу о росте значимости нематериальных активов у предприятий, для которых знания и технологии играют ведущую роль в их бизнесе. Проверим выдвинутую гипотезу на примере «самых инновационных» компаний, а именно на лидерах цифровой экономики (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Динамика нематериальных активов компаний цифровой экономики
Dynamics of intangible assets of digital economy companies

Название	2021 год		2020 год		2019 год		2018 год	
	млн	%	млн	%	млн	%	млн	%
Amazon Inc.	\$5107	1,2	\$4981	1,6	\$4049	1,8	\$4110	2,5
Microsoft	\$7800	2,3	\$7038	2,3	\$7750	2,7	\$8053	3,1
Alphabet Inc. (Google)	\$1417	0,4	\$1445	0,5	\$1979	0,7	\$2220	1,0
Apple Inc.	\$0	0	\$0	0	\$0	0	\$0	0
Facebook	\$634	0,4	\$623	0,4	\$894	0,7	\$1294	1,3
Twitter	\$69,32	0,5	\$58,34	0,4	\$55,11	0,4	\$45,02	0,4

Составлено авторами по финансовой отчетности компаний

Гипотеза не подтверждается. Анализ доли нематериальных активов в валюте баланса компаний цифровой экономики за последние четыре года (табл. 3) показал абсолютно незначительную величину в диапазоне от 3,1 до 0,4. А у компании Apple Inc. на протяжении 4 лет нематериальные активы в балансе отсутствуют. И это у мирового лидера цифровой экономики, компании, известной и славящейся своими инновационными разработками.

С позиции бухгалтерского учета действительно НМА в этих компаниях играют незаметную роль. Однако с позиции инвестора такая ситуация недопустима.

Инвестор ценит очень многое, что с его точки зрения делает вложения в любую компанию перспективными. Инвестор, не руководствуясь строгими правилами бухгалтерского учета и отчетности, ценит программное обеспечение, патенты, авторские права, списки клиентов, лицензии и франшизы, квоты на импорт, торговые марки, взаимоотношения с клиентами и поставщиками, лояльность клиентов, долю рынка и маркетинговые права. Данный список не является исчерпывающим. Инвестор также ценит процессы, технологии, опыт топ-менеджеров и рядовых сотрудников. Особую роль инвестор отводит знаниям, которыми обладают и которые приобретают сотрудники в период работы в компании. Инвестор ценит все то, что объединено под дефиницией «интеллектуальный капитал». Интеллектуальный капитал включает в себя намного больше элементов, чем нематериальные активы в понимании бухгалтеров.

Мы будем рассматривать интеллектуальный капитал с позиции инвестора. Нас интересует та невидимая в балансе компании часть активов, которая в значительной степени влияет на ее инвестиционную привлекательность.

Интеллектуальный капитал – это интегрированный показатель, включающий в себя большое количество компонентов, отличающихся огромным разнообразием. Все эти

компоненты могут быть тем или иным образом структурированы. Рассмотрев и проанализировав предлагаемую структуру ИК, мы остановились для целей нашего исследования на структуре, предложенной Л. Эдвинсоном [Edvinsson, 1997] (рис. 1).

Человеческий капитал объединяет знания, опыт, навыки, которые имеют или приобретают сотрудники компании. Следует обратить внимание на тот факт, что человеческий капитал – это не просто совокупность знаний, опыта и таланта конкретного сотрудника. Коллективной работе присущ синергический эффект, многократно увеличивающий эффективность индивидуального вклада каждого участника в общий результат.



Рис. 1. Структура интеллектуального капитала компании [Edvinsson, 1997]
Fig. 1. The structure of the company's intellectual capital [Edvinsson, 1997]

Для многих компаний, особенно для цифровых компаний, для компаний, создающих инновационные продукты и технологии, где от творческой мысли, от обладания научными знаниями зависит успех компании, человеческий капитал активом не является, информации о нем нет никакой ни в одной из форм публикуемой отчетности. Вкладывая свои средства в Microsoft, Google, Apple и т.д., инвестор верит, что творческий потенциал сотрудников принесет ему доход, но эта вера основана не на оценке стоимости человеческого капитала, а на информации о топ-менеджерах, о продуктах, о новых технологических решениях, о сделках M&A, собранной из разных, нередко недостоверных, источников.

Все, что не связано с персоналом компании, но представляет ценность для инвестора, объединено в структурный капитал, который в свою очередь состоит из клиентского капитала и организационного капитала.

Отличительная особенность *структурного капитала* заключается в том, что он, в отличие от человеческого, безраздельно принадлежит компании, неотделим от нее и является ключом к долгосрочной стабильности компании. В состав *организационного капитала* входят существующие бизнес-процессы компании и ее инновационный потенциал.

Налаженные бизнес-процессы, технологии, корпоративная культура, информационное и коммуникационное обеспечение отнесены к *процессному капиталу*. *Инновационный капитал* включает в себя стоимостное выражение совокупности инновационных проектов, находящихся на стадии разработки или уже представляющих собой интеллектуальную собственность, а также полученные авторские права, свидетельства и патенты.

Клиентский (или потребительский) капитал включает в себя торговую марку, лицензии, франшизу, базы данных, а также отношения с клиентами и поставщиками. Следовательно, компания является единственным владельцем клиентского капитала.

Для того, чтобы быть успешной в бизнесе, компании необходимо регулярно пересматривать свой интеллектуальный капитал в сторону его улучшения. Это подразумевает как инвестиции в исследовательскую деятельность, так и постоянное развитие корпоративной культуры, которая является частью интеллектуального капитала.

ИК вызывает интерес не как отдельно существующее понятие, а, как справедливо отмечено в работах [Бабурина, Ивашковская, 2007; Гаранина, 2010], в качестве инструмента создания ценности компании. Б. Лев [Лев, 2003] не раз подчеркивает мысль о том, что интеллектуальный капитал является «главным драйвером роста и ценности компаний в большинстве секторов экономики». Исследования 2011-2012 годов Организации экономического сотрудничества и развития показали, что во многих странах коэффициент корреляции между рыночной стоимостью предприятий и инвестициями в интеллектуальный капитал положителен и показывает высокую зависимость между этими двумя показателями.

С позиции создания ценности человеческий капитал рассматривается как способность сотрудников наращивать стоимость компании, применяя свои знания, свой талант, свой опыт, объединяя все это с целью достижения синергетического эффекта. Соответствующие лучшим практикам в отрасли процессный и инновационный капитал напрямую работают на увеличение стоимости компании. Клиентский капитал иногда называют капиталом отношений, так как заметную роль в успешной деятельности компании играют контракты и соглашения с партнерами, деловая репутация компании, каналы распределения продукции и портфель заказов. Компания с хорошей деловой репутацией может продавать продукты по более высоким ценам, увеличивать объемы продаж, пользоваться высокой лояльностью клиентов и сотрудников, привлекать для трудоустройства лучших специалистов. Все это способствует росту стоимости компании.

Таким образом, все вышесказанное подтверждает тезис о том, что рост стоимости компании непосредственно связан с наличием у компании интеллектуального капитала. Все компоненты ИК работают на увеличение ценности компании для инвестора. Следовательно, инвестору необходимо знать структуру и величину составляющих ИК.

Отсутствие единой для всех структуры интеллектуального капитала не позволяет разработать унифицированные стандарты раскрытия информации об интеллектуальном капитале. Однако уже есть положительный опыт существования рекомендаций по раскрытию в отчетности информации об интеллектуальном капитале и применения этих рекомендаций на практике. Так, в период с 1997 по 2003 годы подобные рекомендации публиковались Министерством торговли и промышленного развития Дании («Датские принципы»), с 2002 по 2004 годы – Министерством экономики, торговли и промышленности Японии, в 2006 году – Федеральным министерством экономики и технологий Германии, в 2011 году – Министерством финансов Франции.

Если же не существует стандартов или рекомендаций по раскрытию информации об интеллектуальном капитале, то, как правило, цель отчетов об интеллектуальном капитале заключается не в раскрытии информации о структуре имеющихся у компании компонентов интеллектуального капитала, не в точном определении вклада нематериальных активов в стоимость компании, а в создании благоприятного для инвесторов впечатления о перспективах роста компании. Отчет превращается в своего рода пиар-кампанию, повышая рейтинг компании, усиливая асимметрию информации на рынке и дезориентируя пользователей. Ярким подтверждением этого служит история шведской страховой компании Scandia: на фоне публикации отчетности об интеллектуальном капитале в 1999–2000 гг. возник ажиотажный спрос на ее акции, однако уже в 2002 году они потеряли около 90% рыночной стоимости, после чего компания публикацию отчетов прекратила [Sveiby, 2010].

Хотя в годовом отчете этой компании есть раздел, посвященный человеческому капиталу, из него исчезли наиболее значимые элементы, например, Навигатор Скандии. Многие топ-менеджеры компании рассматривают отчеты об интеллектуальном капитале ком-

паний как документы для внутреннего пользования и раскрывают содержащуюся в них информацию только в частных беседах с потенциальными инвесторами. В Великобритании лишь треть компаний, рассчитывавших интеллектуальный капитал для инвесторов, раскрыла его в финансовой отчетности, аналогично поступили и компании Голландии.

Однако имеющийся негативный опыт не перечеркивает все исследования по теории и практике интеллектуального капитала. В последнее время все чаще появляются дискуссии о включении интеллектуального капитала в сферу управленческих интересов, о взаимосвязи корпоративного управления (corporate governance) с раскрытием информации об интеллектуальном капитале [Ruth L. Hidalgo, Emma Garcia-Meca, Isabel Martinez, 2011]. Это только доказывает, что необходим более взвешенный подход и к рекомендациям по раскрытию информации об интеллектуальном капитале, и к применяемым методам его оценки.

Начнем с определения стоимости ИК.

Наиболее полный обзор существующих подходов к оценке интеллектуального капитала представлен на персональном сайте Карла-Эрика Свейби (<http://www.sveiby.com>). Он сгруппировал все методы в 4 группы:

- методы прямого измерения интеллектуального капитала (Direct Intellectual Capital methods);
- методы рыночной капитализации (Market Capitalization Methods);
- методы, основанные на окупаемости активов (Return on Assets methods);
- методы подсчета очков (Scorecard Methods).

Подробно эти методы описаны в работах самого К. Свейби [Sveiby, 2018], а также в статьях [Самусенко, 2014; Постаногова, 2011].

Первые три метода являются методами финансовой оценки, все они появились в 90-х годах 20-ого века. Наиболее спорными и недостоверными считаются методы рыночной капитализации. В их основе лежит оценка интеллектуального капитала через сопоставление балансовой и рыночной стоимости компании. Все эти методы базируются на теории эффективного рынка, которая, как показывают последние исследования, далека от реальных событий, происходящих на финансовом рынке [Черемушкин, 2013]. По этой же причине подвергают сомнению и результаты, полученные при использовании методов, в основе которых лежит показатель ROA. Достаточно точную оценку можно получить, применяя методы прямого измерения интеллектуального капитала, однако далеко не для всех компонентов интеллектуального капитала существует формула или алгоритм расчета его стоимости. Кроме того, как отмечал К. Свейби, применение методов финансовой оценки в управлении интеллектуальным капиталом может привести к завышению его стоимости при попытке разработать на их основе механизмы мотивации сотрудников компании [Sveiby, 2018].

К методам нефинансовых измерений интеллектуального капитала в первую очередь относят Систему сбалансированных показателей (ССП) Р. Нортон и Д. Каплана, которые модифицировали базовую модель СПП для оценки интеллектуального капитала, оставив традиционные четыре проекции: финансы, клиенты, бизнес-процессы, обучение и развитие [Постаногова, 2011]. Ярким представителем группы нефинансовых измерений является предложенный Л. Эдвинссоном [Edvinsson, 1997] Навигатор Скандия (Scandia), который акцентирует внимание на пяти аспектах деятельности компании. Первый аспект – финансовый, оценивается на основе финансовой отчетности фирмы. Второй аспект связан с оценкой клиентской базы. Третий аспект характеризует бизнес-процессы фирмы. Четвертый аспект включает в себя инновационную деятельность компании, которая дает уверенность в успешном функционировании компании в будущем. Пятый аспект – это человеческий капитал.

Анализ научных публикаций показал, что попыток оценить ИК по каждой его составляющей было достаточно много. Например, оценка клиентского капитала на основе метрик (пожизненной ценности клиента, ценности клиента за прошлые периоды времени, интегрированного показателя ценности клиента) предложена Ю.С. Созоновым [Созонов, 2014] и Макаровой Я.В. [Макарова, 2016]. Попытка объединения количественных методов

с качественными для оценки клиентского капитала предпринята в работе Макарова А. [Макаров, 2018]. Статистические модели оценки организационного капитала разработаны в работе [Мных, Захарчин, 2012]. Концепция мыслительных процессов теории ограничений применена в рамках ресурсного подхода к управлению организационным капиталом в работе [Еленев, Еленева, Андреев, 2016]. Наибольшее количество научных публикаций связано с проблемой оценки человеческого капитала, например, достаточно подробно анализ зарубежных методов оценки человеческого капитала сделан в работе [Кулик, Герасимова, Когтева, 2022].

Практически во всех работах оценка человеческого, клиентского, организационного капитала проводится с позиции маркетингового подхода, что, с нашей точки зрения, для инвестора неприемлемо.

Для целей нашего исследования мы предлагаем иной подход, базируясь на теории оценки стоимости бизнеса. Перед нами стоит задача раскрыть максимум информации о структуре и стоимости ИК. Предлагается следующий алгоритм.

На первом этапе каким-либо методом рассчитывается суммарная величина ИК. На втором этапе выделяются отдельные компоненты или подкомпоненты, которые можно оценить. На третьем этапе оцениваются подкомпоненты. На четвертом этапе из суммарной величины ИК вычитается «видимая» часть ИК как сумма стоимости оцениваемых подкомпонентов. Таким образом, инвестор имеет информацию о стоимости ИК, о стоимости его видимой и невидимой (серой) частей.

Итак, на первом этапе определим стоимость ИК как разницу между справедливой стоимостью цифровой компании и стоимостью долгосрочных активов (без нематериальных активов), которыми владеет компания:

$$IC = FV - (LTA - IA), \quad (2)$$

где IC – интеллектуальный капитал (intellectual capital);
 FV – справедливая стоимость компании (fair value of the company);
 LTA – стоимость долгосрочных активов (long-term assets);
 IA – стоимость нематериальных активов (intangible assets).

Справедливую стоимость компании можно рассчитать методом дисконтирования денежных потоков. Корректность стоимости, полученной этим методом, рекомендуется оценить, используя сравнительный подход, например, через мультипликаторы по компаниям-аналогам.

Долгосрочные активы в балансе цифровых компаний представлены долгосрочными финансовыми вложениями, основными средствами и прочими долгосрочными активами. Долгосрочные активы отражаются в финансовой отчетности в соответствии с требованиями МСФО (или GAAP) либо по справедливой стоимости, либо с учетом обесценения актива. Следует отметить незначительную их величину в балансах цифровых компаний.

Итогом первого этапа является величина суммарной стоимости ИК, которую можно раскрывать для потенциальных инвесторов.

Для инвесторов также представляет интерес структура ИК, состав его компонентов.

В состав ИК входят нематериальные активы, стоимость которых отражена в балансе. К сожалению, далеко не все виды нематериальных активов можно увидеть в финансовой отчетности организации. Нематериальные активы – это активы цифровых компаний. Следовательно, они должны возникнуть в результате прошлых событий, иметь потенциал принести выгоды в будущем и находиться под контролем компании. Если первые два требования для большинства компонентов ИК выполнимы, то с последним требованием возникают большие проблемы. Именно последнее требование отсекает от нематериальных активов человеческий капитал, так как сотрудники не принадлежат компании и не находятся под ее

контролем. Поэтому главный компонент ИК цифровых компаний – человеческий капитал, который остается за рамками финансовой отчетности.

Нематериальный актив можно идентифицировать как актив, возникший из договорного или другого вида юридического права, например, лицензия, договор купли-продажи актива, договор дарения, патенты и т.п. Если это приобретенный актив, то у него есть цена, он может быть отражен в балансе. Если же нематериальный актив создан внутри компании, то возникает ряд проблем с его идентификацией и оценкой стоимости. Если компания выполняет инновационный проект, то этот проект отразится в финансовой отчетности только в том случае, если он осуществим, т.е. существует большая вероятность получить в результате инновационный продукт, целесообразен, располагает ресурсами, которые гарантируют его окончание, и есть четкий план его завершения. Стадии исследования и первые попытки создания инновационного продукта в стоимость НМА не включаются. Таким образом, завершенные проекты, идентифицируемые как нематериальные активы, можно указать как видимую часть ИК. Информация о незавершенных проектах будет также полезна для инвестора. Поэтому, мы предлагаем в годовом отчете выделить раздел «Интеллектуальный капитал», в котором будет, во-первых, указана стоимость ИК. Во-вторых, представлена структура ИК с позиции раскрытия информации о стоимости подкомпонента. Первый компонент ИК – это нематериальные активы, отраженные в отчете о финансовом положении компании. Относительно этой части ИК вопросов возникает меньше всего. Все сведения о НМА берутся из данных бухгалтерского учета.

Второй компонент ИК – нематериальные активы, которые по правилам бухгалтерского учета не отражаются в финансовой отчетности. С точки зрения МСФО (или национальных стандартов), НМА тогда является активом компании, когда инвестор уверен, что компания владеет этим активом. Однако многие инвесторы хотят купить акции компании именно потому, что компания реализует много проектов, результаты которых в будущем станут новыми инновационными продуктами, услугами или технологиями. Пока эта информация закрыта для инвестора. Мы предлагаем раскрыть данные о реализуемых проектах. Таким образом, второй компонент ИК – это затраты на НИОКР по проектам на начальных стадиях разработки с указанием затрат, понесенных компанией по каждому проекту. Сопоставляя в динамике подобную информацию, инвестор может отследить перспективные проекты и принять решение о вложении средств в компанию на более ранних этапах реализации инновационных проектов. Здесь может возникнуть вопрос о коммерческой тайне. Действительно, раскрывая информацию о незавершенных проектах, компания становится уязвимой для конкурентов. Однако можно в общем виде охарактеризовать проект и объем инвестиций в него, это уже дает инвестору основу для принятия решений.

Третий компонент связан с нематериальными активами, которые создаются самой компанией, но не отражаются в балансе, так как не являются нематериальными активами согласно требованиям бухгалтерского учета. Цифровые компании имеют большое количество созданных программ, инновационных разработок внутреннего использования. Все это – ИК компании, и инвестор должен о нем знать. Оценить стоимость подобных нематериальных активов можно затратным способом. Регистрация изобретения – достаточно длительный и зарегулированный процесс. Мы предлагаем организовать систему внутренней регистрации изобретений. Внутри компании специальное подразделение будет оперативно проводить регистрацию объектов интеллектуальной собственности внутреннего потребления. Обобщенные сведения с разумной для инвестора детализацией подобного рода нематериальных активов можно представлять в годовой отчетности компании в разделе «Интеллектуальный капитал».

Помимо собственных разработок, компании цифровой экономики проводят активную политику по покупке перспективных стартапов. Не раскрывая сумму сделки, если она

является коммерческой тайной, в разделе «Интеллектуальный капитал» можно дать информацию о новых продуктах, услугах, технологиях, которые появятся в компании, благодаря купленным стартапам.

Важнейшей компонентой ИК является человеческий капитал. При анализе ИК в первую очередь аналитики обращают внимание именно на человеческий капитал, так как он является ключевым драйвером роста стоимости компании. Человеческий капитал включает в себя знания, опыт, навыки, которые имеют или приобретают сотрудники компании.

Трудно оценить будущие выгоды человеческого капитала. Человеческий капитал является основным источником инноваций в компаниях. Проведенными исследованиями доказана положительная зависимость между человеческим капиталом и эффективностью компании [Tarus, Sitienei, 2015; Ahangar, 2011].

Из вышесказанного следует, что человеческий капитал, с одной стороны, важная составляющая компонента ИК, с другой стороны, человеческий капитал никоим образом не отражается в финансовой отчетности компаний. В связи с этим возникает необходимость раскрыть инвесторам информацию о потенциале человеческого капитала компании. Для решения этой проблемы мы предлагаем в разделе «Интеллектуальный капитал» годового отчета дать следующую информацию:

- возраст сотрудников;
- уровень образования;
- средний уровень основной заработной платы;
- диапазон доплат к заработной плате.

Помимо этой информации целесообразно показать затраты предприятия на повышение квалификации своих сотрудников.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы. Цифровые компании являются лидерами по рыночной капитализации, по этой причине они особенно привлекательны для инвесторов. Однако сравнение рыночной и балансовой стоимости именно цифровых компаний показало, что от 73 до 87 процентов рыночной стоимости не отражено в финансовой отчетности компаний, в то время как именно анализ финансовой отчетности является основой принятия инвестиционных решений. Разрыв между рыночной стоимостью и балансовой стоимостью компаний цифровой экономики демонстрирует наличие у них в большом объеме скрытых активов, которые идентифицируют как интеллектуальный капитал. Так как в финансовой отчетности интеллектуальный капитал отсутствует, инвесторам неизвестна его структура, трудно достоверно оценить стоимость ИК, его потенциал, его влияние на стоимость и эффективность компании.

Потребности инвестора стимулируют компании раскрыть информацию об ИК. Необходимо показать не только состав НМА, отраженный в бухгалтерском балансе (отчете о финансовом положении по МСФО) компании, но и уделить особое внимание «скрытым активам». Инвестору будет полезно знать структуру ИК, суммарную его оценку, инвестиции компании в человеческий и структурный капитал. Все это позволяет рекомендовать ввести в годовой отчет компании специальный раздел «Интеллектуальный капитал».

Список литературы

- Бабурин Э.Р., Ивашковская И.В. 2007. Роль интеллектуального капитала в создании стоимости компании. Вестник Финансовой академии, 4(44): 53-63.
- Валюх Н. 2022. Крах доткомов: как лопнул крупный технологический пузырь и есть ли что-то похожее сегодня. Тинькофф журнал. URL: <https://journal.tinkoff.ru/news/requiem-for-a-dream/> (дата обращения 02.10.2022)
- Гаранина Т.А. 2010. Нематериальные активы и интеллектуальный капитал: роль в создании ценности компании. Вестник Санкт-Петербургского университета, 8(2): 78-105

- Еленев К.С., Еленева Ю.Я., Андреев В.Н. 2016. Организационный капитал предприятия: природа формирования и анализ в рамках ресурсного подхода к управлению. *Журнал исследований по управлению*, 2(12): 5.
- Кулик А.М., Герасимова Н.А., Когтева А.Н. 2022. Исследование зарубежных методических подходов к оценке человеческого капитала. *Экономика. Информатика*, 49(3): 483–493. DOI10.52575/2687-0932-2022-49-3-483-493
- Лев Б. 2003. Нематериальные активы: управление, измерение, отчетность. М.: Квинто-Консалтинг, 240 с.
- Макаров А. 2018. Измерение и формирование клиентского капитала организации. *Корпоративный менеджмент*. URL: <https://www.cfin.ru/press/practical/2005-01/01/shtml>. (дата обращения 02.10.2022)
- Макарова Я.В. 2016. Формирование клиентского капитала организации: теоретические основания и модельный инструментарий оценки. *Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ»*, 8(4). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/80EVN416.pdf> (дата обращения 02.10.2022)
- Мных О. Б., Захарчин Г. М. 2012. Организационный капитал как важная составляющая интеллектуального капитала в экономике знаний. *Организатор производства*, 1(52): 109-112.
- Постаногова Л.В. 2011. Качественные модели оценки интеллектуального капитала. *Современные научные исследования и инновации*, 2. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/06/692> (дата обращения 02.10.2022)
- Самусенко С.А. 2014. Интеллектуальный капитал как объект учета: новые аспекты. *Международный бухгалтерский учет*, 42(336): 23-35.
- Созонов Ю.С. 2014. Оценка клиентского капитала компании. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, 6: 80-96.
- Черемушкин С.В. 2013. Спекулятивная составляющая рыночной стоимости компаний в контексте теории финансовой нестабильности мински: свидетельства против гипотезы эффективного рынка. *Управление корпоративными финансами*, 1: 22–48. URL: <https://grebennikon.ru/article-luru.html> (дата обращения 02.10.2022).
- Ahangar, G. R. 2011. The Relationship between Intellectual Capital and Financial Performance: An Empirical Investigation in an Iranian Company. *African Journal of Business Management*, 5(1): 88-95.
- Bontis N. 1996. There's a price on your head: managing intellectual capital strategically. *Business Quarterly*, 60 (Summer): 41-47.
- Brookin, A. 1996. *Intellectual Capital: Core Assets for the Third Millennium*. London, United Kingdom: Intl Business Press, 224 p.
- Bukh R., Heeks R.. 2017. Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy. *Global Development Institute working papers*, 68, available at: <https://diodeweb.files.wordpress.com/2017/08/diwkppr68-diode.pdf> (дата обращения 01.10.2022)
- Dimitrios Maditinos, Dimitrios Chatzoudes, Charalampos Tsairidis, Georgios Theriou. 2011. The impact of intellectual capital on firms' market value and financial performance. *Journal of Intellectual Capital*, 12(1): 132-151.
- Edvinsson L, Malone M.S. 1997. *Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower*. Harper Business: New York, 240 p.
- Edvinsson L. 1997. Developing Intellectual Capital at Skandia. *Long Range Planning*, 30(3): 366-373.
- Fincham R., Roslender R. 2003. Intellectual capital accounting as management fashion: a review and critique. *European Accounting Review*, 12(4): 781-95.
- Galbraith J.K. 1996. The consequences of technology. *Journal of Accountancy*, 127: 44-56.
- Klein D.A, L. Prusak L. 1994. *Characterising Intellectual Capital*. Ernst & Young, Cambridge.
- Mubarik, M.S., Bontis, N., Mubarik, M. and Mahmood, T. 2022. Intellectual capital and supply chain resilience. *Journal of Intellectual Capital*, 23(3): 713-738. <https://doi.org/10.1108/JIC-06-2020-0206>
- Ruth L. Hidalgo, Emma Garcia-Meca, Isabel Martinez. 2011. Corporate Governance and Intellectual Capital Disclosure. *Journal of Business Ethics*, 100(3): 483-495. DOI: 10.1007/s10551-010-0692-x
- Stewart T. 1998. *Intellectual Capital: The new wealth of organization*. UNKNO, 320 p.
- Sullivan P.H. 2000. *Value-driven Intellectual Capital: How to Convert Intangible Corporate Assets into Market Value*. John Wiley & Sons, Toronto, 240 p.
- Supporting Investment in Knowledge Capital, Growth and Innovation. URL: <http://www.oecd.org/zip/9213028e5.pdf>. (дата обращения 02.10.2022)

- Sveiby Karl-Erik. Methods for Measuring Intangible Assets. 2010. <http://www.sveiby.com/articles/IntangibleMethods.htm>. (дата обращения 02.10.2022)
- Sveiby Karl-Erik. 2018. Measuring Intangibles: Suggested Indicators with cases from professional service organisations and high tech firms. URL: <https://www.researchgate.net/publication/327829240/> (дата обращения 02.10.2022)
- Tarus D., Sitienei E. 2015. Intellectual capital and innovativeness in software development firms: The moderating role of firm size. *Journal of African Business*, 16: 48-65.

References

- Baburina Je.R., Ivashkovskaja I.V. 2007. Rol' intellektual'nogo kapitala v sozdanii stoimosti kompanii [The role of intellectual capital in creating company value]. *Vestnik Finansovoj akademii*, 4(44): 53-63.
- Valjuh N. 2022. Krah dotkomov: kak lopnul krupnyj tehnologicheskij puzyr' i est' li chto-to pohozhee segodnja [Dotcom Crash: How a Major Tech Bubble Burst and Is there Anything Similar Today]. *Tin'koff zhurnal*. URL: <https://journal.tinkoff.ru/news/requiem-for-a-dream/> (дата обращения 02.10.2022)
- Garanina T.A. 2010. Nematerial'nye aktivy i intellektual'nyj kapital: rol' v sozdanii cennosti kompanii [Intangible assets and intellectual capital: the role in creating company value]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*, 8(2): 78-105.
- Elenev K.S., Eleneva Ju.Ja., Andreev V.N. 2016. Organizacionnyj kapital predpriyatija: priroda formirovanija i analiz v ramkah resursnogo podhoda k upravleniju [Organizational capital of the enterprise: the nature of formation and analysis within the framework of the resource approach to management]. *Zhurnal issledovanij po upravleniju*, 2(12): 5.
- Kulik A.M., Gerasimova N.A., Kogteva A.N. 2022. Issledovanie zarubezhnyh metodicheskikh podhodov k ocenke chelovecheskogo kapitala [Research of foreign methodological approaches to the assessment of human capital]. *Jekonomika. Informatika*, 49(3): 483–493. DOI10.52575/2687-0932-2022-49-3-483-493
- Lev B. 2003. Nematerial'nye aktivy: upravlenie, izmerenie, otchetnost' [Intangible assets: management, measurement, reporting]. M.: Kvinto-Konsalting, 240 s.
- Makarov A. 2018. Izmerenie i formirovanie klientskogo kapitala organizacii [Measurement and formation of the client capital of the organization]. *Korporativnyj menedzhment*. URL: <https://www.cfin.ru/press/practical/2005-01/01/shtml>. (дата обращения 02.10.2022)
- Makarova Ja.V. 2016. Formirovanie klientskogo kapitala organizacii: teoreticheskie osnovanija i model'nyj instrumentarij ocenki [Formation of the client capital of the organization: theoretical foundations and model assessment tools]. *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*, 8(4). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/80EVN416.pdf> (дата обращения 02.10.2022)
- Mnyh O. B., Zaharchin G. M. 2012. Organizacionnyj kapital kak vazhnaja sostavljajushhaja intellektual'nogo kapitala v jekonomike znaniy [Organizational capital as an important component of intellectual capital in the Knowledge economy]. *Organizator proizvodstva*, 1: 109-122. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения 28.10.2022)
- Postanogova L.V. 2011. Kachestvennye modeli ocenki intellektual'nogo kapitala [Qualitative models of intellectual capital assessment]. *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii*, 2. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/06/692> (дата обращения 02.10.2022).
- Samusenko S.A. 2014. Intellektual'nyj kapital kak object ucheta: novye aspekty [Intellectual capital as an object of accounting: new aspects]. *Mezhdunarodnyj buhgalterskij uchet*, 42(336): 23-35.
- Sozonov Ju.S. 2014. Ocenka klientskogo kapitala kompanii [Assessment of the company's client capital]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 6. Jekonomika*, 6: 80-96.
- Cheremushkin S.V. 2013. Spekuljativnaja sostavljajushhaja rynochnoj stoimosti kompanij v kontekste teorii finansovoj nestabil'nosti minski: svidetel'stva protiv gipotezy jeffektivnogo rynka [Speculative component of the market value of companies in the context of the Minsky theory of financial instability: Evidence against the efficient market hypothesis]. *Upravlenie korporativnymi finansami*, 1: 22–48. URL: <https://grebennikon.ru/article-luru.html> (дата обращения 02.10.2022)
- Ahangar, G. R. 2011. The Relationship between Intellectual Capital and Financial Performance: An Empirical Investigation in an Iranian Company. *African Journal of Business Management*, 5(1): 88-95.
- Bontis N. 1996. There's a price on your head: managing intellectual capital strategically. *Business Quarterly*, 60 (Summer): 41-47.
- Brookin, A. 1996. *Intellectual Capital: Core Assets for the Third Millennium*. London, United Kingdom: Intl Business Press, 224 p.

- Bukh R., Heeks R. 2017. Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy. Global Development Institute working papers, 68, available at: <https://diodeweb.files.wordpress.com/2017/08/diwkppr68-diode.pdf> (дата обращения 01.10.2022)
- Dimitrios Maditinos, Dimitrios Chatzoudes, Charalampos Tsairidis, Georgios Theriou. 2011. The impact of intellectual capital on firms' market value and financial performance. *Journal of Intellectual Capital*, 12(1): 132-151.
- Edvinsson L, Malone M.S. 1997. *Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower*. Harper Business: New York, 240 p.
- Edvinsson L. 1997. Developing Intellectual Capital at Skandia. *Long Range Planning*, 30(3): 366-373.
- Fincham R., Roslender R. 2003. Intellectual capital accounting as management fashion: a review and critique. *European Accounting Review*, 12(4): 781-95.
- Galbraith J.K. 1996. The consequences of technology. *Journal of Accountancy*, 127: 44-56.
- Klein D.A, L. Prusak L. 1994. *Characterising Intellectual Capital*. Ernst & Young, Cambridge.
- Mubarik, M.S., Bontis, N., Mubarik, M. and Mahmood, T. 2022. Intellectual capital and supply chain resilience. *Journal of Intellectual Capital*, 23(3): 713-738. <https://doi.org/10.1108/JIC-06-2020-0206>
- Ruth L. Hidalgo, Emma Garcia-Meca, Isabel Martinez. 2011. Corporate Governance and Intellectual Capital Disclosure. *Journal of Business Ethics*, 100(3): 483-495. DOI: 10.1007/s10551-010-0692-x
- Stewart T. 1998. *Intellectual Capital: The new wealth of organization*. UNKNO, 320 p.
- Sullivan P.H. 2000. *Value-driven Intellectual Capital: How to Convert Intangible Corporate Assets into Market Value*. John Wiley & Sons, Toronto, 240 p.
- Supporting Investment in Knowledge Capital, Growth and Innovation. URL: <http://www.oecd.org/zip/9213028e5.pdf>. (дата обращения 02.10.2022)
- Sveiby Karl-Erik. *Methods for Measuring Intangible Assets*. 2010. <http://www.sveiby.com/articles/IntangibleMethods.htm>. (дата обращения 02.10.2022)
- Sveiby Karl-Erik. 2018. *Measuring Intangibles: Suggested Indicators with cases from professional service organisations and high tech firms*. URL: <https://www.researchgate.net/publication/327829240/> (дата обращения 02.10.2022)
- Tarus D., Sitienei E. 2015. Intellectual capital and innovativeness in software development firms: The moderating role of firm size. *Journal of African Business*, 16: 48-65.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кох Лариса Вячеславовна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры международных экономических отношений, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Larisa V. Kokh, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of International Economic Relations, State Marine Technical University, Saint-Petersburg, Russia

Кох Юрий Валентинович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инновационной экономики, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Yuriy V. Kokh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Innovative Economics, State Marine Technical University, Saint-Petersburg, Russia

Данейкин Юрий Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры технологий управления, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Россия

Yuriy V. Daneykin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management Technologies, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Velikiy Novgorod, Russia

УДК 332.135

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-707-717

Развитие методического инструментария оценки и выбора высокотехнологичных инвестиционных проектов в рамках научно-образовательных центров (НОЦ) мирового уровня

Лавриненко Е.А., Бондарева Я.Ю., Лыщикова Ю.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308000, г. Белгород, ул. Победы, д. 85

E-mail: lavrinenko_ea@mail.ru, bondareva_ya@bsu.edu.ru, lyshchikova@bsu.edu.ru

Аннотация. В сложившихся условиях значительную актуальность приобретает интенсификация процессов импортозамещения, особенно в высокотехнологичных сферах и секторах экономики. При этом реализация венчурных инвестиционных проектов в области развития высоких технологий связана со значительными и высокорисковыми инвестиционными затратами, а также необходимостью согласования интересов широкого круга стейкхолдеров проекта, таких как индустриальные партнеры, органы государственной власти и разнообразные институты развития. Несмотря на то, что создаваемые в России с 2019 года научно-образовательные центры (НОЦ) мирового уровня способствуют генерации большого числа качественных научных идей, на данный момент отсутствуют четкие методические рекомендации по отбору высокотехнологичных проектов в рамках НОЦ, что и определяет актуальность темы исследования. В статье авторами представлена дорожная карта отбора и реализации высокотехнологичных инвестиционных проектов. В развитие методического инструментария оценки и выбора высокотехнологичных инвестиционных проектов разработана скоринговая модель отбора проектов, представляющая собой набор критериев, в соответствии с которыми происходит оценка проектов и им присваиваются баллы, которые после суммирования позволяют отнести проект к одному из трех представленных классов.

Ключевые слова: научно-образовательный центр (НОЦ), управляющий совет НОЦ, дорожная карта, скоринговая оценка, высокотехнологичный инвестиционный проект.

Благодарности: исследование выполнено в рамках государственного задания НИУ «БелГУ» FZWG-2020-0016, тема проекта «Фундаментальные основы глобальной территориально-отраслевой специализации в условиях цифровизации и конвергенции технологий».

Для цитирования: Лавриненко Е.А., Бондарева Я.Ю., Лыщикова Ю.В. 2022. Развитие методического инструментария оценки и выбора высокотехнологичных инвестиционных проектов в рамках научно-образовательных центров (НОЦ) мирового уровня. Экономика. Информатика, 49(4): 707–717. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-707-717

Development of Methodological Tools for Evaluation and Selection High-Tech Investment Projects with in the Framework of World-Class Scientific and Educational Centers (RECs)

Elena A. Lavrinenko, Yana Yu. Bondareva, Julia V. Lyshchikova

Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod, 308000, Russia

E-mail : lavrinenko_ea@mail.ru, bondareva_ya@bsu.edu.ru, lyshchikova@bsu.edu.ru

Abstract. Under the current conditions, the intensification of import substitution processes, especially in high-tech spheres and sectors of the economy, is becoming very relevant. At the same time, the

implementation of venture investment projects in the field of high-tech development is associated with significant and high-risk investment costs, as well as the need to coordinate the interests of a wide range of project stakeholders, such as industrial partners, public authorities and various development institutions. Despite the fact that the world-class scientific and educational centers (RECs) created in Russia since 2019 contribute to the generation of a large number of high-quality scientific ideas, at the moment there are no clear methodological recommendations for the selection of high-tech projects within the REC, which determines the relevance of the research topic. In the article, the authors present a roadmap for the selection and implementation of high-tech investment projects. In the development of methodological tools for evaluating and selecting high-tech investment projects, a scoring model for selecting projects has been developed, which is a set of criteria according to which projects are evaluated and assigned points, which, after summation, allow the project to be assigned to one of the three classes presented.

Keywords: scientific and educational center (REC), REC governing council, roadmap, scoring assessment, high-tech investment project

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the state assignment of National Research University "BelSU" FZWG-2020-0016, the topic of the project "Fundamental foundations of global territorial and industry specialization in the context of digitalization and technology convergence"

For citation: Lavrinenko E.A., Bondareva Ya.Yu., Lyschikova J.V. 2022. Development of Methodological Tools for Evaluation and Selection High-Tech Investment Projects Within the Framework of World-Class Scientific and Educational Centers (RECs). Economics. Information technologies, 49(4): 707–717. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-707-717

Введение

В настоящее время Россия столкнулась с беспрецедентными вызовами и угрозами экономической безопасности государства. С одной стороны, ещё остаются актуальной проблемой последствия пандемии, с другой стороны – санкции. Поэтому критически важным является стимулирование инвестиционной активности и интенсификация процессов импортозамещения, особенно в высокотехнологичных сферах и секторах экономики. При этом реализация венчурных инвестиционных проектов в области развития высоких технологий связана со значительными и высокорисковыми инвестиционными затратами, а также необходимостью согласования интересов широкого круга стейкхолдеров проекта, таких как индустриальные партнеры, органы государственной власти и разнообразные институты развития [Дзензелюк, Новосад, 2022].

В контексте решения задачи технологического импортозамещения деятельность активно функционирующих в России с 2019 года научно-образовательных центров (НОЦ) мирового уровня направлена на обеспечение исследований и разработок мирового уровня, получение новых конкурентоспособных технологий и продуктов, их коммерциализацию, а также подготовку кадров для решения крупных научно-технологических задач в интересах развития отраслей науки и технологий по приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации для обеспечения трансформации экономики субъектов за счёт реализации портфеля практических научно-технологических проектов, разрабатываемых в зависимости от конкретной специализации и потребностей регионов [Каменских, 2020; Постановление..., 2019]. При этом НОЦ должны обеспечить установление связей между образовательными учреждениями, научными организациями и предприятиями реального сектора экономики для решения фундаментальной задачи обеспечения трансфера результатов интеллектуальной деятельности и создания новых рынков высокотехнологичной продукции [Воронов, Воробьева, 2020; Долганов, 2021].

Оценка результативности деятельности НОЦ проводится по установленным Постановлением Правительства № 537 от 30 апреля 2019 г. критериям: объем выполненных работ и услуг, завершившихся изготовлением, предварительными и приемочными испытаниями

опытного образца (опытной партии); количество разработанных и переданных для внедрения в производство в организациях, действующих в реальном секторе экономики, конкурентоспособных технологий и высокотехнологичной продукции; доля новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции в общем объеме отгруженной продукции; количество новых высокотехнологических рабочих мест [Постановление..., 2019]. Для выполнения данных критериев необходим тщательный отбор эффективных высокотехнологических проектов, иначе наращивание инвестиций может оказаться неэффективным и не дать должного результата [Глазьев, 2022]. При этом в Методических рекомендациях по формированию программ деятельности научно-образовательных центров мирового уровня отсутствует подробная методика отбора высокотехнологических инвестиционных проектов, что затрудняет понимание деятельности центров при выборе проекта для реализации в рамках НОЦ [Методические рекомендации..., 2021].

Мы считаем, что генерация инновационных научно-технологических идей и доведение их до рынка на основе взаимодействия с заинтересованными сторонами в рамках НОЦ должна основываться в первую очередь на приоритетных направлениях развития регионов с учетом их территориально-отраслевой специализации. Но отсутствие унифицированных методических рекомендаций по отбору затрудняет процедуру принятия решений по тому или иному высокотехнологичному инвестиционному проекту. Соответствие или не соответствие предложенных проектов критериям в данный момент времени может резко измениться в связи с высокой турбулентностью экономики. Управленческому совету НОЦ необходимо иметь возможность для осуществления оперативных манёвров в сторону положительного пересмотра предложенного проекта. Также в нормативной документации отсутствуют критерии соответствия высокотехнологичного проекта для реализации в рамках НОЦ и отсутствует методика оценки влияния НОЦ на реализацию высокотехнологичного проекта, что в свою очередь отрицательно сказывается на эффективности и результативности деятельности НОЦ мирового уровня.

Объекты и методы исследования

Методы, используемые при рассмотрении высокотехнологичных проектов, называются Форсайт-методами, от английского Foresight — «предвидение». Данная группа методов широко используется в процессе выбора приоритетов в сфере науки и технологий, а также в решении проблем социально-экономического развития регионов. Использование Форсайт-методов также позволяет учитывать возможные изменения в ходе реализации высокотехнологичных инвестиционных проектов в условиях неопределённости [Сибирская, 2017].

При разработке методических рекомендаций в данной статье используется скоринговая модель оценки критериев [Дзензелюк, Новосад, 2022] высокотехнологичных инвестиционных проектов с учётом территориально-отраслевой специализации. Баллы для скоринговых моделей рассчитываются с помощью инструмента логистической регрессии. Логистическая регрессия является одним из методов Форсайта и применяется для прогнозирования вероятности возникновения некоторого события по значениям множества признаков.

Результаты и их обсуждение

Отбор и реализация высокотехнологичных инвестиционных проектов является главной задачей НОЦ мирового уровня. Зона ответственности по отбору проектов принадлежит Управляющему совету НОЦ. Данная структура отвечает за организационное руководство и координацию работы по реализации программы деятельности центра и формирует портфели высокотехнологичных проектов (рис.1).

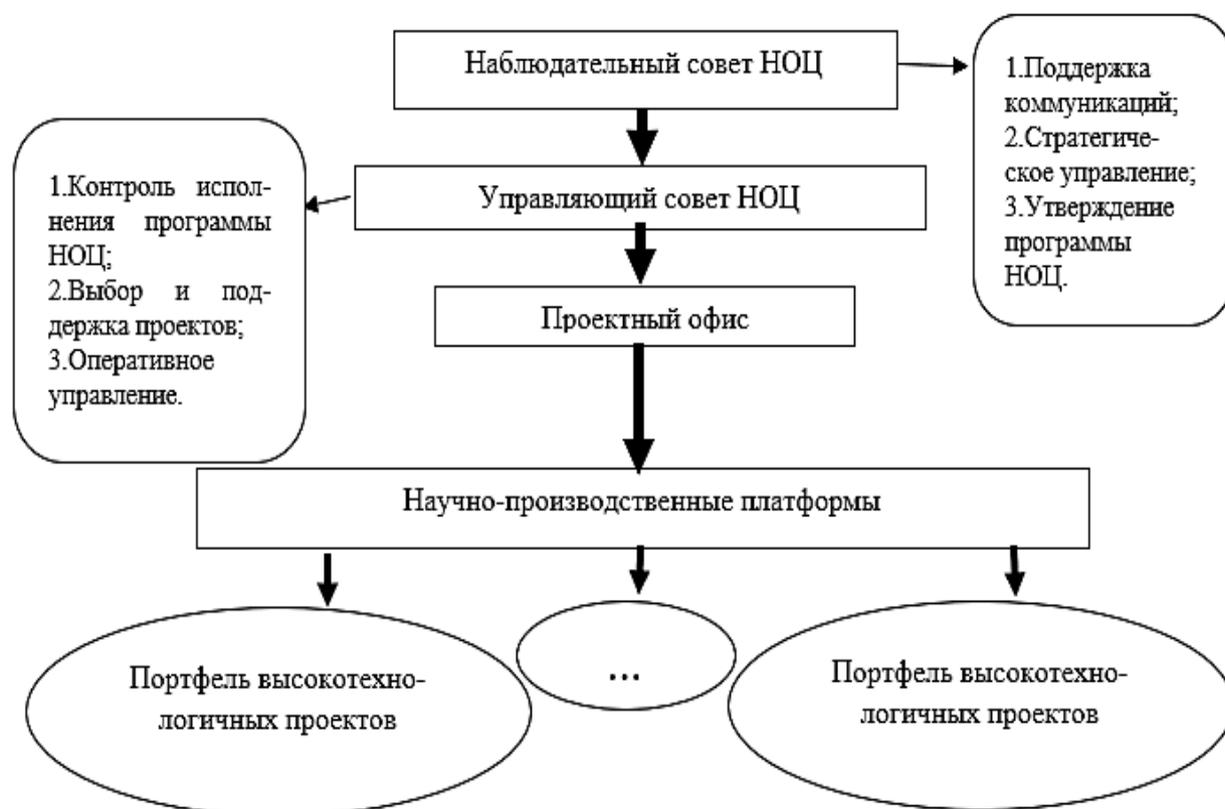


Рис.1. Управленческая структура научно-образовательного центра мирового уровня [НОЦ «Инновационные решения в АПК»]
Fig.1. Management structure of the world-class scientific and educational center [REC "Innovative solutions in agriculture"]

Основными достоинствами такой структуры являются [Дзензелюк, Новосад, 2022]:

1. Отсутствие административных ограничений.
2. Оперативный обмен информацией между научными группами при проведении совместных исследований.
3. Вовлечение бизнеса в диалог с научными командами при коммерциализации разработок.
4. Возможность подбора необходимых компетенций при реализации образовательной деятельности.

На базе проектного офиса происходит формирование инвестиционных портфелей, а также осуществляется деятельность по информированию и координированию всех видов работ по высокотехнологичным проектам, а именно проведение содержательного и финансового анализа высокотехнологичных проектов.

Следует отметить, что нет абсолютно универсальных критериев отбора высокотехнологичных инвестиционных проектов для всех НОЦ мирового уровня, находящихся на территории Российской Федерации. Это связано в первую очередь с территориально-отраслевой специализацией регионов. Но при этом все высокотехнологичные инвестиционные проекты должны быть направлены на экономическое развитие региона, в котором планируется реализовывать данный проект, а также являться ответом на современные вызовы и угрозы.

Каждый иницируемый в НОЦ проект должен соответствовать отраслям перспективных экономических специализаций регионов и приоритетным направлениям научно-технологического развития России (рис.2).

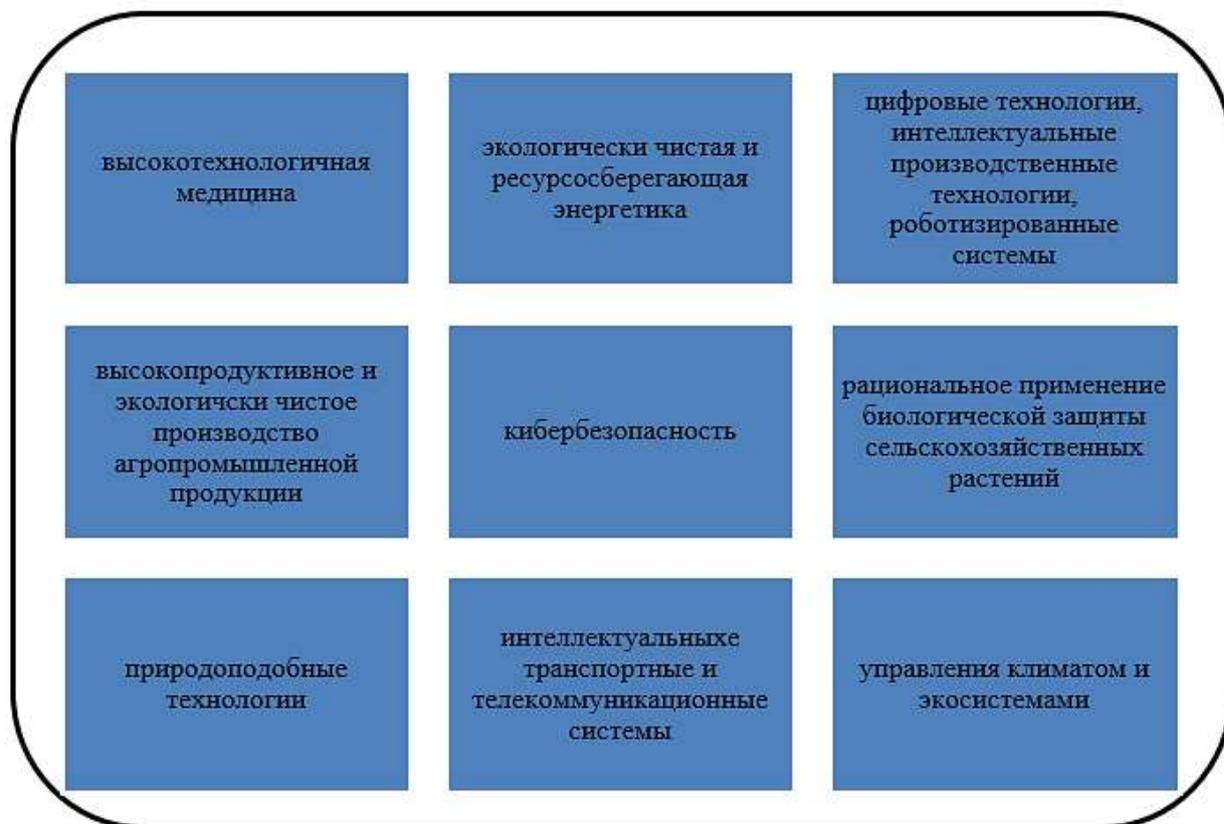


Рис. 2. Перспективные направления высокотехнологичных инвестиционных проектов РФ [Стратегия НТР РФ]
Fig. 2. Promising directions of high-tech investment projects of the Russian Federation [Strategy of the Russian STP]

НОЦ мирового уровня должен иметь возможность поддержки высокотехнологичных инвестиционных проектов (венчурных) на самых высокорисковых стадиях научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы, таких как создание опытного образца и опытно-промышленные испытания. В свою очередь индустриальный партнер должен брать на себя обязательство довести проект от опытно-промышленных испытаний до серийного выпуска готовой продукции. Данное условие будет способствовать развитию институтов молодых учёных, способных к реализации самых инновационных идей.

Также высокотехнологичные инвестиционные проекты должны иметь социально-экономический эффект для регионов, а именно: создание новых рабочих мест, развитие инфраструктуры, удовлетворение потребностей населения.

В связи с высокой степенью неопределённости участники Управляющего совета НОЦ должны использовать методы Форсайта, к которым относится рассмотрение «дорожной карты» (рис. 3) высокотехнологичного инвестиционного проекта, благодаря которой принимается оптимальная стратегия реализации предлагаемого проекта.

Так как Форсайт представляет собой систему методов экспертной оценки стратегических направлений социально-экономического и инновационного развития, выявления технологических прорывов, способных оказать воздействие на экономику и общество в средне- и долгосрочной перспективе, то для его эффективного использования научно-производственные платформы в своей деятельности должны привлекать проактивных экспертов, обладающих компетентными знаниями в области рассматриваемых высокотехнологичных проектов.



Рис. 3. Дорожная карта реализации высокотехнологичного инвестиционного проекта
(составлена авторами)

Fig. 3. Roadmap for the implementation of a high-tech investment project
(compiled by the authors)

К рекомендуемым методам Форсайта при отборе высокотехнологичных инвестиционных проектов в рамках НОЦ мирового уровня, следует отнести:

1. Генерация: мозговые штурмы; проработка сценариев; экспертные панели; научная фантастика; опросы, правда только в рамках моделируемой группы; голосование.
2. Действия: использование общественных панелей и создание «дорожных карт».
3. Rapid foresight («скоростной форсайт» (RF)): уникальная по эффективности и скорости получения значимого и верифицированного результата методика, полностью или частично интегрирующая в себе классические форсайт-методы применительно к пяти этапам форсайт-работы целиком или по отдельности [Сибирская, 2017].

Высокотехнологичные инвестиционные проекты будут отбираться для реализации в рамках НОЦ с использованием скоринговой оценки. Критерии для оценки будут иметь баллы для дальнейшего суммирования и вычисления наиболее перспективного и востребованного как в регионе, так и в Российской Федерации проекта, предлагаемого для разработки высокотехнологичного продукта. Скоринговая модель представляет собой набор критериев, в соответствии с которыми происходит оценка проектов и им присваиваются баллы, которые после суммирования позволяют классифицировать оцениваемые проекты на три группы. Отнесение проекта к той или иной группе (классу) определяется на основе разделяющего значения. Если вероятность выше разделяющего значения, то проект считается не перспективным, если ниже – подходит для реализации в рамках НОЦ мирового уровня.

Критерии предлагается разделить на следующие подгруппы (табл.1):

- целевые критерии;
- внешние и экологические критерии;
- критерии реципиента, осуществляющего проект;
- критерии научно-технической перспективности;
- коммерческие критерии;
- производственные критерии;
- рыночные критерии;
- критерии региональных особенностей реализации проекта.

Таблица 1

Table 1

Скоринговая модель оценки критериев высокотехнологичных инвестиционных проектов с учётом территориально-отраслевой специализации*

List of criteria for scoring evaluation of high-tech investment projects, taking into account territorial and industry specialization

Критерий	Границы классов согласно критериям		
	1 класс	2 класс	3 класс
Целевые критерии			
Соответствие тематики проекта направлению деятельности НОЦ	соответствует 10 баллов	частично соответствует от 1-9 баллов	не соответствует 0-баллов
Важность поставленной цели для направления деятельности НОЦ	важно 10 баллов	частично важно от 1-9 баллов	не важно 0-баллов
Новизна предлагаемого подхода к решению задачи	обладает тремя и более пунктами новизны 10-20 баллов	обладает от 1 до 2-х пунктов новизны от 1-9 баллов	не обладает новизной 0-баллов
Социально-экономическая ситуация в стране	благоприятная 10 баллов	частично благоприятная от 1-9 баллов	не благоприятная 0-баллов
Внешние и экологические критерии			
Соответствие тематики проекта глобальным вызовам	соответствует 10 баллов	частично соответствует от 1-9 баллов	не соответствует 0-баллов
Соответствие тематики проекта стратегии НТР РФ	соответствует 10 баллов	частично соответствует от 1-9 баллов	не соответствует 0-баллов
Критерии реципиента, осуществляющего проект			
Наличие индустриального партнера	имеется более 3-х 9-18 баллов	имеется менее 2-х от 1-8 баллов	нет 0-баллов
Вид инвестора по сроку инвестиций	краткосрочны 10-15 баллов	долгосрочные от 5-9 баллов	венчурные 0-5 баллов
Программные и научно-технические критерии	соответствуют 14-19 баллов	частично соответствуют от 1-13 баллов	не соответствуют 0 баллов
Критерии научно-технической перспективности			
Вероятность технического успеха (маркетинг исследования)	высокая 10-15 баллов	средняя от 5-9 баллов	низкая 0-5 баллов
Патентная чистота и патентоспособность	высокая 10-15 баллов	средняя от 5-9 баллов	низкая 0-5 баллов
Уникальность продукции	отсутствие аналогов 10 баллов	наличие зарубежных аналогов от 1-9 баллов	существуют аналоги в РФ 0-баллов
Потребности в услугах консультативных фирм или размещении внешних заказов на НИОКР	существует 10 баллов	сомнительна от 1-9 баллов	отсутствует 0-баллов
Производственные критерии			
Команда проекта, обладающая необходимыми компетенциями	обладает 10 баллов	частично обладает от 1-9 баллов	не обладает 0-баллов

Окончание табл. 1

Проработанность вопросов снабжения и сбыта продукции, оценка рынка	полная информация 10 баллов	частичная информация от 1-9 баллов	информация не предоставлена 0-баллов
Наличие материально-технической базы для выполнения проекта	есть 10 баллов	частично есть от 1-9 баллов	нет 0-баллов
Обоснованность бюджета на разработку нового продукта	смета предоставлена 10 баллов	частичная смета от 1-9 баллов	нет 0-баллов
Коммерческие критерии			
Взаимосвязь проекта с основным бизнесом инициаторов	присутствует 9-18 баллов	частично от 1-8 баллов	нет 0-баллов
Доля собственных средств в источниках финансирования проекта	более 51% 10-15 баллов	от 10-до 50% от 4-9 баллов	менее 10% 0-3 баллов
Наличие проектно-сметной и исходно-разрешительной документации по проекту	есть 10 баллов	частично есть от 1-9 баллов	нет 0-баллов
Наличие согласованного бизнес-плана проекта	есть 10 баллов	частично есть от 1-9 баллов	нет 0-баллов
Финансово-экономическая эффективность и устойчивость проекта	есть 10 баллов	частично есть от 1-9 баллов	нет 0-баллов
Финансовая состоятельность заявителя	высокая 25 баллов	средняя от 10-24 баллов	низкая 0-9 баллов
Рыночные критерии			
Рыночная перспективность, конкурентоспособность продукции на российском и зарубежном рынке	перспективная 9-18 баллов	не на всей территории РФ от 1-8 баллов	нет 0-баллов
Оценка сложности и рисков реализации продукции	средние риски 10-15 баллов	высокие риски от 5-9 баллов	мегариски 0-5 баллов
Критерии региональных особенностей реализации проекта			
Внедрение разработанной технологии в регионе	необходимо 9-18 баллов	возможно от 1-8 баллов	не обязательно 0-баллов
Размещение производства на территории региона	есть 10-15 баллов	в процессе от 5-9 баллов	нет 0-5 баллов
Создание новых высокотехнологических рабочих мест в регионе	более 100 10 баллов	от 50 до 99 от 1-9 баллов	нет 0-баллов
1 класс >295 баллов	Проект является высокотехнологичным, соответствует приоритетным направлениям экономического развития РФ и соответствует территориально-отраслевой специализации региона.		
2 класс >38 баллов	Проект является высокотехнологичным, соответствует территориально-отраслевой специализации, но является недостаточно проработанным.		
3 класс <37 баллов	Проект не является высокотехнологичным и не соответствует территориально-отраслевой специализации.		

*составлено авторами

В модели скоринговой оценки основной упор делается на коэффициенты соответствия тематики проекта направлению деятельности НОЦ и соответствия тематики проекта стратегии НТР РФ, уникальность продукции и рыночную перспективность, конкурентоспособность продукции на российском и зарубежном рынке. Один из неоспоримых плюсов

заключается в том, что данная модель разработана для отечественных научно-образовательных центров мирового уровня. Одна из трудностей оценки по таким моделям заключается в большой громоздкости расчетов, но при этом использование данной модели хорошо сочетается с другими методиками оценки высокотехнологичного инвестиционного проекта.

Отобранные в конкурсном отборе проекты помещаются в технологический портфель проектов, который предполагает финансирование из средств грантов НОЦ и средств индустриального партнёра. Возможно софинансирование из гранта до 50% от суммы необходимых инвестиций.

Заключение

Портфель высокотехнологичных инвестиционных проектов постоянно должен проходить упреждающий мониторинг с привлечением экспертного сообщества, что позволит выявить наиболее актуальные на данный период времени проекты и способствовать их ускоренной реализации в рамках НОЦ мирового уровня. В процессе своей деятельности Управляющий совет НОЦ, а также проектный офис и научно-производственные платформы должны реализовывать программы развития отечественной промышленности, в том числе с целью импортозамещения и импортоопережения. Поэтому необходимо эффективное управление развитием высокотехнологичного инвестиционного проекта, а именно контроль динамики проекта и результативности функционирования институтов развития, оказывающих ему поддержку.

Развитие методического инструментария по отбору высокотехнологичных инвестиционных проектов позволит руководству научно-образовательного центра мирового уровня отобрать наиболее перспективные высокотехнологичные инвестиционные проекты для реализации в рамках НОЦ, а также ответить на вызовы и угрозы экономике РФ при помощи быстрого импортозамещения и технологического развития национальной экономики. Подробная скоринговая оценка проектов позволит полноценно выявить наиболее перспективные проекты, обладающие инновационным потенциалом, способствующие социально-экономическому развитию региона и реализующие приоритетные направления научно-технологического развития РФ.

Список источников

- Методические рекомендации по формированию программ деятельности научно-образовательных центров мирового уровня (утв. Министерством науки и высшего образования РФ 26 апреля 2021 г.) URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400662163/> (дата обращения: 23 октября 2022).
- НОЦ «Инновационные решения в АПК» (Белгородская область). Режим доступа: <https://nosaprk.ru/> (дата обращения 17.09.2022).
- Российская Федерация. Постановления Правительства. О мерах государственной поддержки научно-образовательных центров мирового уровня на основе интеграции образовательных организаций высшего образования и научных организаций и их кооперации с организациями, действующими в реальном секторе экономики: Постановление Правительства № 537: [от 30 апреля 2019 г.] URL: <https://base.garant.ru/72240532/> (дата обращения: 28 октября 2022).

Список литературы

- Борисоглебская Л.Н., Новакова С.Ю., Макарова С.Н. 2022. Инновационная экосистема как инструмент технологического развития региона. Россия: тенденции и перспективы развития, 17(3): 23-28.
- Воронов С. И., Воробьева Т. Н. 2020. Государственная политика и законодательные рамки в сфере деятельности научно-производственной платформы «рациональное природопользование» научно-образовательного центра мирового уровня «Инновационные решения в АПК». Достижения науки и техники АПК, 34(9): 19-24. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10904

- Глазьев В. С. 2022. Стимулирование инвестиционной активности как ключевой элемент управления развитием современной российской экономики. Государственное управление. Электронный вестник, 92: 57-76. doi: 10.24412/2070-1381-2022-92-57-76
- Данейкин Ю. В. 2022. Теоретические основы и модель развития высокотехнологичных отраслей в современной экономике. Индустриальная экономика, 2(5): 163-171.
- Дзензелюк Н. С., Новосад В. М. 2022. Оценка уровней готовности как инструмент управления технологическими проектами: задачи, проблемы и особенности применения для проектов НОЦ. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент, 16(3): 153-164.
- Долганов Д.Н. 2021. Проблемы и перспективы проектного обучения. Вестник экспериментального образования, 2: 39-47.
- Каменских М.А. 2020. Исследование сущности и особенностей научно-образовательных центров мирового уровня. Экономическое возрождение России. 4: 136-141.
- Никонова А.А. 2022. Политика высокотехнологичного роста: новые инструменты, факторы, мотивы, результаты. Россия: тенденции и перспективы развития, 17(1): 213-223.
- Перминова Е.А. 2022. Стимулирование инновационного развития регионов Российской Федерации в рамках стратегических инвестиционных проектов. Евразийская интеграция: экономика, право, политика, 39: 57-67.
- Проскурнин С. Д. 2022. Формирование саморазвивающихся инновационных экосистем в инновационных центрах – пространственных точках роста научно-технологического лидерства страны и регионов. Региональная экономика и управление: электронный научный журнал, 69: 8. doi: 10.24412/1999-2645-2022-169-8
- Свищёва И.А., Васильева Н.К. 2020. Сравнение методик рейтингового анализа финансового состояния А.Д. Шеремета, Е.В. Негашева и Л.В. Донцовой, Н.А. Никифоровой на примере сельскохозяйственных организаций краснодарского края. Экономика и бизнес: теория и практика, 12(3): 75-80. doi: 10.24411/2411-0450-2020-11130
- Семенихина А. В., Морозова О. И., Андросова А. О., Комиссарова Н. С. 2022. Роль государственного-частного партнёрства в инновационной сфере и механизм его реализации на современном этапе развития экономики России. Журнал прикладных исследований, 8(6): 707-716.
- Сибирская Е.В. 2017. Моделирование процесса привлечения инвестиций в национальную экономику с использованием методологии форсайт. Под редакцией проф. Е.В. Сибирской. Ярославль, Канцлер, 136 с.

References

- Borisoglebskaya L.N., Novakova S.Yu., Makarova S.N. 2022. Innovation ecosystem as a tool for technological development of the region. Russia: Trends and Prospects of Development, 17(3): 23-28.
- Voronov S. I., Vorobyova T. N. 2020. State policy and legislative framework in the field of activity of the scientific and production platform "rational use of natural resources" of the world-class scientific and educational center "Innovative solutions in agriculture". Achievements of science and technology of agriculture, 34(9): 19-24. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10904
- Glazhev V. S. 2022. Stimulating investment activity as a key element of managing the development of the modern Russian economy. Public administration. Electronic Bulletin, 92: 57-76. doi: 10.24412/2070-1381-2022-92-57-76
- Daneikin Yu. V. 2022. Theoretical foundations and model of development of high-tech industries in the modern economy. Industrial Economy, 2(5): 163-171.
- Dzenzelyuk N. S., Novosad V. M. 2022. Assessment of readiness levels as a tool for managing technological projects: tasks, problems and application features for REC projects. Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management, 16(3): 153-164.
- Dolganov D.N. 2021. Problems and prospects of project training. Bulletin of Experimental Education, 2: 39-47.
- Kamenskikh M.A. 2020. The study of the essence and features of world-class scientific and educational centers. The economic revival of Russia, 4: 136-141.
- Nikonova A.A. 2022. High-tech growth policy: new tools, factors, motives, results. Russia: Trends and Prospects of Development, 17(1): 213-223.

- Perminova E.A. 2022. Stimulating the innovative development of the regions of the Russian Federation within the framework of strategic investment projects. Eurasian integration: economics, law, politics, 39: 57-67.
- Proskurnin S. D. 2022. Formation of self-developing innovation ecosystems in innovation centers – spatial points of growth of scientific and technological leadership of the country and regions. Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal, 69: 8. doi: 10.24412/1999-2645-2022-169-8
- Svishcheva I.A., Vasilyeva N.K. 2020. Comparison of the methods of rating analysis of the financial condition of A.D. Sheremet, E.V. Negashev and L.V..Dontsova, N.A. Nikiforova on the example of agricultural organizations of the Krasnodar territory. Economics and Business: Theory and Practice, 12(3): 75-80. doi: 10.24411/2411-0450-2020-11130
- Semenikhina A.V., Morozova O. I., Androsova A. O., Komissarova N. S. 2022. The role of public-private partnership in the innovation sphere and the mechanism of its implementation at the present stage of development of the Russian economy. Journal of Applied Research, 8(6): 707-716.
- Sibirskaya E.V. 2017. Modeling the process of attracting investments into the national economy using the foresight methodology. Edited by Prof. E.V. Sibirskaya. Yaroslavl, Chancellor, 136 p.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лавриненко Елена Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

Бондарева Яна Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

Лыщикова Юлия Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena A. Lavrinenko, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Yana Yu. Bondareva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Julia V. Lyshchikova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 659.1

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-718-730

Цифровые сервисы и туристская экосистема в развитии внутреннего туризма

Богомазова И.В., Климова Т.Б.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, Победы, 85,
E-mail: bogomazova@bsu.edu.ru, tklimova@bsu.edu.ru

Аннотация. Туристическая отрасль продолжает свою трансформацию, реализуя новые направления, идеи и концепции. Наличие отложенного туристического спроса и потребность в его удовлетворении свидетельствуют о желании туристов путешествовать, испытывать неизведанное и получать новые впечатления. В сложившихся условиях особая роль отводится процессам цифровизации и предложению клиентам нового опыта. В статье проведен анализ состояния и тенденций развития отрасли, определены факторы, сдерживающие развитие туризма. Авторы отмечают, что в современных условиях переориентацию туристов в направлении туристских потоков целесообразно рассматривать в качестве стимула для отраслевого развития. Огромное значение в системе формирования лояльности потребителей отводится цифровым технологиям и туристской экосистеме, объединяющей всю совокупность цифровых решений для продвижения отечественных туристских продуктов. Активное использование туристских маркетплейсов, технологий дополненной реальности и больших данных, искусственного интеллекта, чат-ботов, суперприложений и других современных сервисов будет и дальше менять рынок туристских услуг и делать его более персонализированным.

Ключевые слова: туризм, туристские потоки, пандемия, цифровые технологии, туристская экосистема

Для цитирования: Богомазова И.В., Климова Т.Б. 2022. Цифровые сервисы и туристская экосистема в развитии внутреннего туризма. Экономика. Информатика. 49(4): 718–730. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-718-730

Digital Services and the Tourist Ecosystem in the Development of Domestic Tourism

Irina V. Bogomazova, Tatyana B. Klimova

Belgorod State University
308015, Russia, 85 Pobedy Street, Belgorod,
E-mail: bogomazova@bsu.edu.ru, tklimova@bsu.edu.ru

Abstract. The tourism industry continues its transformation, implementing new directions, ideas and concepts. The presence of deferred tourist demand and the need to satisfy it, indicate the desire of tourists to travel, experience the unknown and get new impressions. In the current conditions, a special role is assigned to the processes of digitalization and offering new experience to customers. The article analyzes the state and trends in the development of the industry, identifies the factors constraining the development of tourism. The authors note that in modern conditions, it is advisable to consider the reorientation of tourists in the direction of tourist flows as an incentive for industry development. Digital technologies and

the tourism ecosystem, which unites the whole set of digital solutions for the promotion of domestic tourism products, are of great importance in the system of forming consumer loyalty. The active use of tourist marketplaces, augmented reality and big data technologies, artificial intelligence, chatbots, super applications and other modern services will continue to change the tourist services market and make it more personalized.

Keywords: tourism, directions of tourist flows, pandemic, digital technologies, tourist ecosystem

For citation: Bogomazova I.V., Klimova T.B. 2022. Digital Services and the Tourist Ecosystem in the Development of Domestic Tourism. Economics. Information technologies, 49(4): 718–730. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-718-730

Введение

Индустрия туризма как экономическая система аккумулирует информацию о количестве посетителей за сезон, среднем чеке в день и средней продолжительности пребывания. Это является основой для формирования прогнозов развития, что в последние годы получило первостепенное значение в силу нестабильного положения отрасли и максимального урона в результате распространения COVID-19. Приостановка текущих туров, отмена или перенос бронирований привели к серьезным убыткам туроператоров, турагентов, перевозчиков и других участников рынка туристских услуг. Потери в доходах от международного туризма составили 1,3 трлн. долларов США. 2020 год стал худшим годом за всю историю туризма. В 2021 году международные прибытия по-прежнему остаются ниже допандемического 2019 года (по предварительным оценкам на 72%). Данные Всемирной туристской организации при ООН подтверждают состояние международного туризма на уровне более чем 30-летней давности. Полное влияние COVID-19 еще предстоит оценить [UNWTO..., 2021].

Что касается России, то одним из приоритетов государственной стратегии развития является внутренний туризм. По оценкам аналитиков доля туризма в ВВП РФ составляет 3,5%. При этом среднее общемировое значение соответствует 10%, в то время как в ряде стран показатель превышает 30-35% и сформирован за счет доходов от внутреннего туризма. В этой связи для российских регионов следует рассматривать развитие внутреннего туризма в качестве условия, обеспечивающего диверсификацию региональных экономик [Распоряжение Правительства..., 2019].

Проблематика развития туризма в контексте цифровой трансформации активно изучается как зарубежными, так и отечественными исследователями [Bogomazova, Stenyushkina, 2018; Voronkova, 2019; Klimova et al., 2020; Pesce et al., 2019; Yang et al., 2020]. Данное исследование акцентирует внимание на необходимости реализации мероприятий по развитию внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации путем создания условий для формирования туристской экосистемы, объединяющей сервисы, обеспечивающие продвижение туристского продукта, повышение привлекательности и эффективности использования ресурсов туристских дестинаций.

Объекты и методы исследования

Целью исследования является оценка влияния процессов цифровой трансформации на туристскую отрасль. Основным источником для написания данной статьи послужили статистические данные Федерального агентства по туризму, итоги исследований Яндекс, Тинькофф Путешествий, Центра информационных коммуникаций «Рейтинг», а также экспертные мнения, отраслевые аналитические обзоры, представленные в открытых источниках. В статье использованы концептуальные положения системного подхода, методы дедукции, логического анализа и синтеза, методы сравнительного анализа, графической интерпретации данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Статистика туризма в целом отражает сокращение числа компаний, включенных в Единый федеральный реестр туроператоров в 2010–2020 гг., функционирующих на территории РФ (табл. 1) [Сведения о количестве..., 2021]. Так, в представленный период общее число компаний сократилось с 4593 до 4298 до уровня 2014–2015 гг.

Таблица 1
Table 1

Количество туроператоров, включенных в Единый федеральный реестр туроператоров в 2010–2020 гг., ед.
 The number of tour operators included in the Unified Federal Register of Tour Operators in 2010–2020, units.

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Количество туроператоров, включенных в ЕФР	4593	4718	4685	4608	4275	4202	4467	4553	4426	4613	4298
Количество туроператоров, работающих в сфере внутреннего туризма	1858	1833	1889	2421	2626	1616	1475	1456	1323	1259	1243
Количество туроператоров, работающих в сфере международного въездного и выездного туризма	2169	2885	2796	2187	1649	899	2992	3097	2814	3130	2436
Количество туроператоров, работающих в сфере международного выездного туризма	566	656	580	225	161	175	190	207	234	224	192

Расширение географии туризма и популярность международных поездок определили рост туристских операторов в 2016–2019 гг., функционирующих на международном въездном и выездном туристском рынке. Однако закрытие границ в 2020 году привело к коллапсу в их работе и сокращению с 3130 в 2019 году до 2436 в 2020 году. Работа туроператоров, функционирующих на рынке внутреннего туризма, как правило, представлена субъектами малого и среднего предпринимательства, понесшими меньшие потери благодаря программам государственной поддержки (с 1259 до 1243). Что касается организаций, занимающихся исключительно международным въездным туризмом, то следует констатировать неутешительный факт уменьшения их числа с 566 компаний в 2010 году до 192 фирм в 2020 году.

Направления туристских потоков характеризуют преобладание в допандемийный период спроса на туры в сфере выездного туризма. С 2020 года наблюдается трансформация в сторону роста внутреннего туризма (рис. 1) [Российский туризм..., 2021].

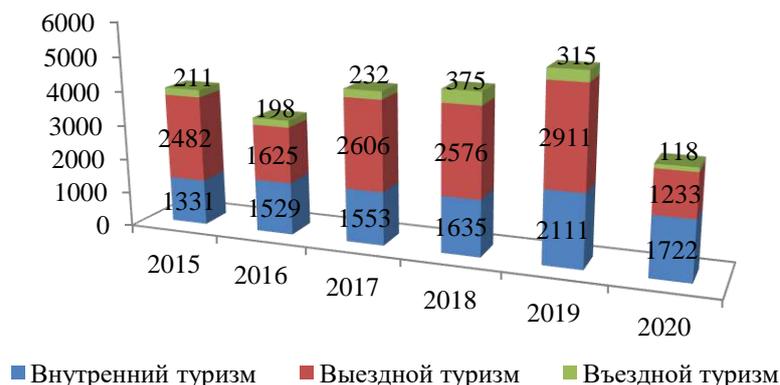


Рис. 1. Число реализованных населению турпакетов в 2015–2020 гг., тыс. ед.
 Fig. 1. The number of tourist packages sold to the population in 2015–2020, thousand units.

Рассмотрение структуры туристов по направлениям подтверждает существенное сокращение зарубежных поездок на 77,5 %, в то время как по территории России – на 39 %. При условии, что число отправленных за границу наших соотечественников в 2015 году составило 5261 тыс. чел., то отдых внутри страны предпочли 2628 тыс. чел. В 2016 году отправления российских туристов по направлениям соотносились как 3422 тыс. чел. к 3284 тыс. чел., в 2017 году – 5630 тыс. чел. к 3285 тыс. чел., в 2018 году – 5486 тыс. чел. к 3375 тыс. чел., в 2019 году – 7453 тыс. чел. к 473 тыс. чел. В 2020 году наблюдается восходящая динамика туристов, отправленных в российские регионы – 2744 тыс. чел. к 3122 тыс. чел. [Статистика..., 2021].

В постпандемийную эпоху сдерживающими факторами в отношении развития выездного туризма стали:

- наличие ограничительных мер в момент вылета и прибытия в страны с открытым въездом;
- необходимость соблюдения карантинных правил в стране временного пребывания;
- повышение стоимости туристских услуг;
- ввод ограничительных мероприятий и очередного локдауна;
- закрытие инфраструктуры за пределами отелей;
- увеличение спроса на страховки от невыезда [Изменение потребительского поведения..., 2021].

Что касается направлений развития внутреннего туризма, то безусловное лидерство по посещению туристами принадлежит Краснодарскому краю, Московской области, Москве и Санкт-Петербургу, в свою очередь это подтверждает Национальный туристический рейтинг (рис. 2) [Исследование Тинькофф..., 2021; Национальный туристический..., 2020; Самые популярные туристические..., 2021].

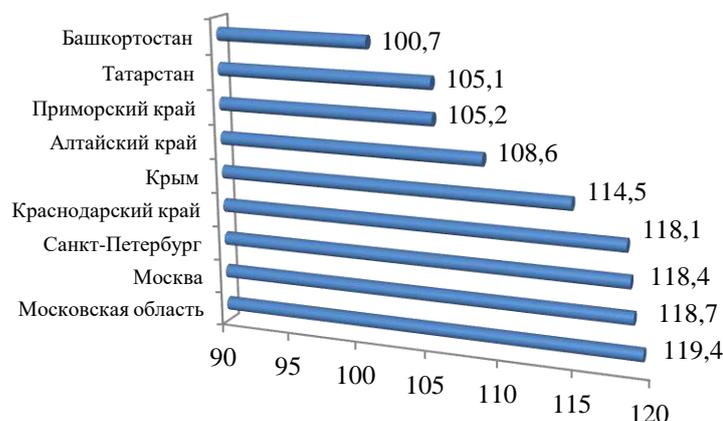


Рис. 2. «Золотая двадцатка» Национального туристического рейтинга – 2020
 Fig. 2. The "Golden Twenty" of the National Tourism Rating – 2020

Всероссийский проект «Открой свою Россию», реализуемый с целью разработки концептуальных туристических маршрутов, определил проекты, которым по итогам 2021 года присвоен статус «Национальный брендовый маршрут»: «От Байкала до океана», «Дагестан глазами орлов», «Заповедная чужд» (Архангельская область), «Горная Шория. К детям тайги» (Кемеровская область), «Энергия Ладogi» (СЗФО), «Сакральная Хакасия», «Бурятия в лицах. Энергия Байкала», «Открой неизведанную Якутию. Активный тур», «Гений. Формула. Легенда» (Новгородская область, Санкт-Петербург), «НеобыЧАЙная Бурятия», «Природа ЗОВВет. Сплаваем стихии Земли, Огня, Воды и Воздуха» (Орловская область) [Петров, 2022].

При этом отдых в России для целевой аудитории формирует противоречивые впечатления, особенно среди тех, кто привык проводить отпуск за границей: одновременно выделяя как положительные стороны осуществления поездки (более высокая степень определенности, существенная простота получения медицинской помощи при заболевании Covid-19, знание страны и языка, возможность самостоятельной организации путешествия), так и отрицательные (общеизвестное соотношение несоответствия цены и качества, отсутствие «эффекта» новизны, рост числа туристов на популярных курортах и т.п.) [Путешествия по России..., 2020].

В целом большинство россиян (55 %) определяют идеальную продолжительность тура от 8 до 14 дней, для 18% полноценный отдых составляет 4–7 дней, 17 % путешественников отдают предпочтения 15–20 дням, для 8 % респондентов оптимальным является длительный отдых (более трех недель), 3 % предпочитают короткие поездки в 1–3 дня (рис. 3) [Планы путешествий..., 2021].

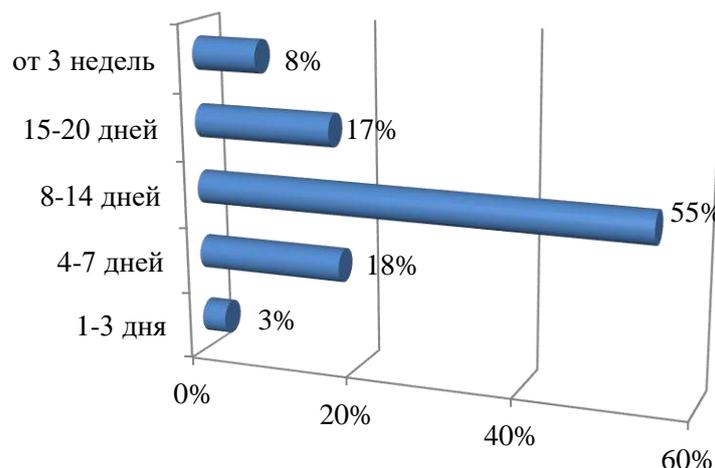


Рис. 3. Предпочтения туристов в выборе продолжительности путешествия
Fig. 3. Preferences of tourists in choosing the duration of the trip

Первоочередным условием, определяющим безопасность путешествий, в том числе в разрезе внутреннего и въездного туризма, является наличие и сохранение мер ограничительного характера, среди которых:

- социальная дистанция (40 %);
- сохранение масочного режима (34 %);
- документы, подтверждающие отсутствие COVID-19 при въезде (25 %);
- сертификат о прохождении вакцинации от COVID-19 / паспорт вакцинированного (17 %);
- карантин при въезде (15 %);
- ограничение при посещении мест массового присутствия (12 %);
- кардинальные меры в виде комендантского часа (3 %).

Четверть респондентов (26 %) придерживаются мнения о необходимости полного снятия ограничений (рис. 4).

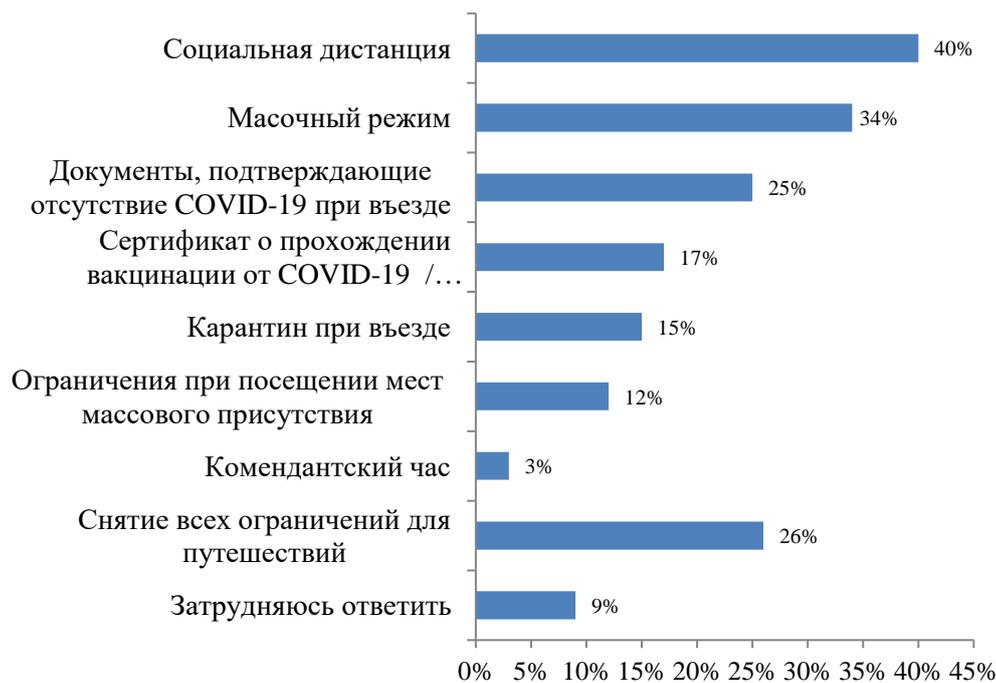


Рис. 4. Ограничения, обеспечивающие безопасность путешествий
Fig. 4. Travel safety restrictions

По данным Skift Recovery Index для отечественной туристической отрасли характерно более быстрое восстановление, чем в большинстве зарубежных странах, что в основном обусловлено программами продвижения внутреннего туризма. Данные IATA подтверждают лидирующие позиции России по количеству внутренних рейсов после Китая и США.

При этом в качестве основополагающих трендов в ближайшей перспективе следует учесть указанные ниже направления [Тренды в продвижении..., 2021; Как пандемия изменила..., 2020].

1. Развитие аутентичных туров, обусловленных популяризацией внутреннего туризма. При условии того, что для 2020 года характерно осторожное и выборочное отношение к отечественным туристским направлениям, в 2021 году популярность аутентичных туров подтверждается их обязательным присутствием в списке многих российских путешественников.

2. Оздоровительные поездки, обусловленные длительным периодом изоляции и необходимостью восстановительной реабилитации. Как правило, отдых в сочетании с лечением стал особенно актуальным, что подтверждается увеличением спроса на 57 % на санатории и снижением среднего возраста целевой аудитории.

3. Путешествия на автомобиле, обусловленные безопасностью поездок и сохранением социальной дистанции.

4. Расширение сети глэмпингов, предоставляющих комфортные условия проживания в различных вариантах размещения – bell tent, сафари-тент, a-frame, юрты, вигвамы, иглу, типи. Спрос рождает предложение, и если в 2020 году на рынке число поставщиков подобных услуг было не более 60, то 2021 году превысило 100.

5. Забота об экологии и сокращение влияния овертуризма. Воздействие туризма можно рассмотреть как с позиции положительного, так и отрицательного влияния. Система осознанного потребления в 2021 году становится базовой тенденцией. Многие путешественники все чаще отказываются от массовых направлений, отдавая предпочтение небольшим городам и деревням, тем самым обеспечивая выравнивание туристских потоков и местной экономики. Экологическим союзом России утвержден добровольный экологический стандарт для гостиниц «Листок жизни», подтверждающий реализацию политики в области качества и охраны окружающей среды.

6. В системе продвижения туристических продуктов особое внимание ориентировано на учет особенностей молодежной аудитории в формате развития активного отдыха и детского туризма, что связано с переориентацией в сегментах целевой аудитории. При этом активная цифровизация и цифровые технологии определяют конкурентоспособность отрасли, осуществляя всестороннее вовлечение социальных сетей. Например, флешмоб #RUSSIATRavel в TikTok с 200 миллионами участников объединил российских знаменитостей, профессиональных гидов и пользователей, запостивших видео с любимыми местами отдыха в России [Trends in the promotion..., 2021]. Челлендж получил настолько широкий охват, что по итогам его завершения число наиболее популярных хэштегов превысило 150 млн.: #отдыхуводы – 166,6 млн., #загородом – 243,9 млн., #RussiaTravel – 254,4 млн. Чат-бот «Россия из дома» изучает предпочтения пользователей и знакомит в виртуальном формате с туристическими достопримечательностями страны.

7. Расширение степени влияния информационных технологий и искусственного интеллекта – развитие экосистемы цифровых сервисов для туризма, обеспечивающих комплексное получение туристских услуг и впечатлений.

Последние события привели к трансформации всех сфер, изменив в том числе и туризм, представления об образе жизни, процесс организации путешествий и отдыха. Для индустрии гостеприимства еще длительное время будет характерным внедрение политических решений поддерживающего характера. В целом, среднесрочная перспектива охарактеризуется сокращением туристских поездок как международного, так и внутреннего формата.

При этом на отечественном туристском рынке наблюдается переориентация туристов с выездного направления на различные формы отдыха внутри государства, что следует рассмотреть в качестве стимула для развития отрасли.

Тенденции развития туризма до 2020 года отражали устойчивый рост выездных потоков над въездными. Объем платных услуг в период с 2010 года по 2019 год подтверждает данное изменение по всем направлениям, в том числе:

- туристские услуги – с 99879 млн. рублей до 179826 млн. рублей;
- услуги гостиниц и аналогичных средств размещения – с 112855 млн. рублей до 247279 млн. рублей;
- услуги специализированных коллективных средств размещения – с 137031 млн. рублей (2017 год) до 163824 млн. рублей;
- услуги санаторно-курортных организаций – с 60460 млн. рублей до 127186 млн. рублей.

Что касается стоимости и числа реализованных населению турпакетов по территории России, то с 2010 года их увеличение с 872 тыс. туров и 18343 млн. рублей достигло в 2019 году 2111 тыс. туров и 69560 млн. рублей.

Формирование прогнозов основано на тенденциях и закономерностях при условии восстановления туристской отрасли. В условиях существующих ограничений сохранение и наращивание внутреннего и въездного туризма станет результатом сокращения выездных направлений и замены их поездками внутри страны, а также активного продвижения национального туристского рынка и отдельных туристских дестинаций.

В качестве факторов государственной поддержки, формирующих устойчивое развитие туризма и высокую степень потребительских предпочтений и лояльности, целесообразно выделить следующие:

- поддержка субъектов МСП (субсидирование, доступ к ФПО, ослабление административных ограничений, финансовая поддержка);
- программа туристический кэшбэк с возвратом 20 % средств от стоимости туристского продукта по России при оплате картой «Мир»;
- возмещение 50 % затрат на организацию чартерных перевозок для туроператоров с целью обеспечения прироста внутренних туристических потоков;

– реализация проектов («Развитие туристической инфраструктуры и создание качественных турпродуктов», «Повышение доступности и информированности о туристических продуктах», «Совершенствование управления в сфере туризма»), формирование и развитие туристических кластеров и макротерриторий для расширения влияния «магнитов» привлекательности («Большое золотое кольцо», «Большой Урал», «Большая Волга», «Байкал»);

– активизация работ в вопросах применения цифровых технологий («Цифровой туризм», «Топ-1000 локальных культурных туристических брендов России») [Тренды в продвижении..., 2021].

Стратегией развития туризма в России до 2035 года определена первостепенная роль цифровых технологий. Расширение их влияния отождествляет процессы трансформации всего комплекса услуг, обеспечивающего функционирование туристской отрасли в электронный формат. В сложившихся условиях главной задачей, направленной на реализацию мероприятий по развитию внутреннего и въездного туризма, становится создание условий для формирования туристской экосистемы, объединяющей совокупность сервисов, обеспечивающих продвижение туристского продукта Российской Федерации, повышая привлекательность и эффективность использования ресурсов туристских дестинаций. В качестве основных механизмов функционирования туристской экосистемы целесообразно выделить:

- расширение сети туристских маркетплейсов;
- насыщение информацией мультязычных сервисов для туристов;
- разработка и реализация электронной туристской карты гостя и ее перевод в мобильное приложение;
- организация электронной системы оценки качества туристских услуг;
- формирование рейтинга туристских услуг и объектов;
- реализация проектов дополненной реальности;
- развитие систем открытых данных, технологий больших данных и искусственного интеллекта в сфере туризма;
- расширение спектра влияния работы туристских агрегаторов, в режиме реального времени осуществляющих построение маршрутов;
- разработка мультимедийных приложений для объектов показа, сервисов аудио- и видеогидов с возможностью интеграции с GPS-навигацией, использованием QR-кодов для формирования запросов [Распоряжение Правительства..., 2019].

Цифровая туристская экосистема должна обеспечивать взаимодействие различных сфер, объединяющих поиск, бронирование, оформление документов, распространение мобильных гидов и справочников, цифровые решения, программное обеспечение и аналитику (рис. 5).



Рис. 5. Цифровая туристская экосистема
Fig. 5. Digital tourism ecosystem

Неизбежный переход туристической индустрии в цифровое пространство очевиден. Путешественники давно выбирают туры онлайн и оплачивают авиабилеты в приложениях. Вегание последних лет связано с внедрением VR-презентаций, работой искусственного интеллекта, чат-ботов и других цифровых решений [Байназаров., 2020]. На помощь туристическим компаниям в период пандемии приходят технологии виртуальной реальности с возможным продвижением туристских продуктов при помощи эффекта присутствия. VR- / AR-решения и их вовлечение в сферу туризма визуализирует объекты для осуществления выбора туристом при одновременном формировании привлекательного продукта туристскими организациями.

Трансформационные процессы привели к усилению роли туристских маркетплейсов, что в свою очередь обусловлено влиянием ограничительных мероприятий, ростом онлайн-покупок, переводом части сотрудников в удаленный формат работы. По данным «Сбер-индекса» онлайн-покупки билетов в сфере делового туризма на авиарейсы в этом сегменте составили почти 94 % [Пирожников., 2020]. Среди туристских маркетплейсов, представленных на отечественном рынке, можно рассмотреть следующие:

- «ITOURIST» – сочетает не только функции туристического маркетплейса, но и путеводителя. В качестве положительных характеристик следует отметить его структуру (регионы, туры, экскурсии, путеводитель, блог), к сожалению, при низкой степени наполняемости разделов. На площадке маркетплейса представлено всего лишь 10 регионов РФ, причем максимально информативно представлена только Республика Карелия;

- «WOWTRIP» – платформа для поиска и бронирования авторских туров. Взаимодействие туриста осуществляется напрямую с организатором путешествий. На площадке представлено широкое предложение туров, однако функционал ограничен лишь обеспечением безопасных платежей;

- национальный туристический портал «Russia.travel» – информационно-познавательный проект Федерального агентства по туризму, посвященный путешествиям по России;

- «YouTravel.me» – агрегатор авторских туров;

- «Яндекс.Путешествия» – сервис для поиска и покупки авиа- и ж/д билетов, билетов на автобус и поиска гостиниц;

- «Travel.rzd.ru» – сервис онлайн бронирования отелей и экскурсий.

Спрос на цифровые сервисы спровоцирован развитием внутреннего туризма и, как следствие, ростом числа самостоятельных путешественников, приобретающих элементы туристского продукта с помощью онлайн-агентств: покупка билетов («KupiBilet»), бронирование отелей, формирование плана поездки («Google Trips»), поиск транспорта («GetTransfer»), страхование путешественников (онлайн-агрегатор платформа «Черехапа»), аудиогиды по локальным достопримечательностям и местам для поездок на короткие расстояния. Нельзя не отметить, что появление значительного количества новых платформ стало следствием ухода влиятельных онлайн-тревел агентств с рынка онлайн-дистрибуции, таких как Booking.com., Expedia, Airbnb и др.

Главным конкурентным преимуществом туристских организаций стало наличие развитых онлайн-инструментов, включая дистанционную оплату, наличие поисковых систем, собственных мобильных приложений, функционального сайта, оперативного внесения изменений в тур и понятной системы отмены и возврата денег, цифровых гидов, а также таких сервисов как обратный звонок, проведение онлайн-консультаций с «виртуальным турагентом», наличие виджетов и аккаунтов в мессенджерах для чата с сотрудниками.

Сервисы, позволяющие планировать путешествия и бронировать билеты, определяют оптимальный временной период с учетом стоимости и пожеланий туриста на основе анализа цифрового следа пользователя и его поведения онлайн. Алгоритмы искусственного интеллекта рекомендуют широкий спектр элементов будущего путешествия, в том числе комфортное время для поездки, выбор отеля и номера для бронирования.

Цифровой сервис RUSSPASS, функционирующий как «цифровой консьерж» обеспечивает быстрый сбор поездки (билеты на поезд или самолет, бронирование гостиниц, заказ экскурсий и так далее, а также рассказывает об основных достопримечательностях и гастрономических особенностях каждого региона).

В качестве примера также можно рассмотреть агрегатор спланированных путешествий «Travel Inspirator». Покупка гидов по городу или стране с маршрутом поездки на определенное количество дней, подборкой отелей и интерактивными картами с достопримечательностями, кафе и магазинами обеспечивает туристов практической информацией.

Стоит отметить и активное использование голосовых помощников во всех сферах человеческой жизни – от покупки продуктов и лекарств до финансовых консультаций. Опросы респондентов подтверждают о готовности потребителей делегировать повседневные дела электронным ассистентам. По данным OAG 25 % путешественников в США планируют доверить заказ и покупку авиабилетов голосовым помощникам. Массовое внедрение подобных сервисов подтверждает тот факт, что ряд зарубежных авиакомпаний предлагает в процессе обслуживания работу сервисов через голосовых помощников, включая осуществление регистрации, предоставление информации о полете, бронирование средств размещения и аренду транспорта в месте назначения.

Вовлечение крупных компаний с их разработками в обеспечении комфорта для путешественников выражается в предложении на рынке специального функционала и программных продуктов. Например, голосовой ассистент от Amazon представлен функцией Alexa for Hospitality, его работа должна быть обеспечена Amazon Echo, позволяющей осуществлять заказ еды в номер, проведение уборки, бронирование такси, управление телевизором, освещением, шторами. Результат совместной разработки Google и KLM призван помочь при сборах в поездку: активировав голосового помощника фразой «OK Google Let me talk to KLM» и назвав страну, пользователь получает информацию о месте назначения [Байназаров., 2020].

Распространение виртуальных собеседников в формате 24/7 привело к оптимизации затрат при работе с клиентами и улучшению пользовательского опыта, продвижению туристских продуктов. Например, чат-бот Mindsay обеспечивает автоматизацию 80 % запросов пользователей на 110 языках, а также интеграцию с бизнес-платформами, что удобно при автоматизации заказов и бронирований.

В продвижении туристских продуктов особая роль отводится технологиям виртуальной реальности. В качестве отечественных примеров и разработок применения цифровых инструментов в туристской индустрии можно привести проекты:

- StavTravel – онлайн-карта и мобильное приложение для устройств на iOS и Android с аттракциями Ставропольского края;
- мобильный гид-справочник «Алтай Today» – приложение с информацией о регионе и его достопримечательностях и аттракциях с возможностью бронирования номеров, заказа и аренды техники;
- мобильное приложение о Дагестане, работающее в том числе и в офлайн-режиме, содержащее информацию об инфраструктуре, при этом работа аудиогuida сочетается с геолокацией.

Существенным недостатком приложений, представленных на рынке, является выполнение ограниченного количества функций и отсутствие их коллаборации. Развитие суперприложений для путешествий отражает требования современного времени, объединяя востребованные туристами онлайн-сервисы.

Данные опроса компании OAG характеризуют ожидания потребителей от наполнения суперприложений:

- наличие сервиса, осуществляющего прогноз задержек или отмены авиарейсов – 78 %;
- определение времени посадки на самолет в режиме реального времени – 75 %;

– оплата покупок в аэропорту через PayPal и заказ доставки еды в зал ожидания рейса – 59 % (рис. 6).



Рис.6. Ожидания потребителей от наполнения суперприложений
Fig.6. Consumer expectations from filling superapplications

В перспективе с высокой степенью уверенности можно утверждать о расширении возможностей суперприложений и глобальных метапоисковиков с комплексом персонализирующих сервисов. Ярким примером суперприложения, представленного на отечественном туристском рынке, является «МегаФон Путешествия», аккумулирующий выбор и бронирование автобусных, железнодорожных и авиабилетов, средств размещения, покупку туров, страхование, трансфер и экскурсионное обслуживание на базе агрегаторов – Aviasales, Ostrovok.ru, Agoda и Onlinetours.

Заключение

Создание условий для формирования цифровой туристской экосистемы, объединяющей совокупность сервисов, обеспечивающих продвижение туристских продуктов, их привлекательность и эффективность использования ресурсов дестинаций становится главной задачей в развитии внутреннего и въездного туризма. Переход в цифровое пространство очевиден и развитие цифровых решений будет характерно для всей туристической индустрии в ближайшей перспективе. Усиление процессов цифровизации компаний становится обязательным условием успеха в бизнесе, в том числе на основе персонализации предложений, интеграции разнопланового тревел-контента на единых платформах за счет внедрения инноваций в коммуникации с клиентами, развития IoT, внедрения технологий Big Data, искусственного интеллекта и др.

Список источников

- Байназаров Н. Туризм в цифре. Как VR и другие технологии меняют туристический бизнес // Rusbase. URL: <https://rb.ru/longread/turizm-v-cifre/> (дата обращения: 19.06.2022).
- Волков К. Итоги 2021 года: выездные туры значительно подорожали // Travel Russian News. URL: <https://www.trn-news.ru/news/104318> (дата обращения: 07.06.2022).
- Изменение потребительского поведения туристов в период пандемии COVID-19 // Ассоциация туроператоров России. URL: https://www.atorus.ru/public/ator/data/file/Analitica/001Izmenenie_potreb_povedeniya_COVID.pdf (дата обращения: 04.06.2022).
- Исследование Тинькофф Путешествий: продажи туров выросли на 20% // Тинькофф. URL: <https://www.tinkoff.ru/about/news/26032021-tinkoff-travel-research-tour-sales-increased-by-twenty-percent/> (дата обращения: 29.03.2022).
- Как пандемия изменила туризм и что нас ждет в 2021 году // РБК. Тренды. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/social/cmrm/5fdca8079a794710499353c8> (дата обращения: 24.12.2021).

- Национальный туристический рейтинг-2020 // Центр Информационных Коммуникаций «Рейтинг». URL: <http://russia-rating.ru/info/18797.html> (дата обращения: 29.03.2022).
- Петров И. Свернули в горы: главные тренды внутреннего туризма в 2021 году Российские регионы удивили взыскательных путешественников и массовых туристов // Известия. Туризм. URL: <https://iz.ru/1271724/ivan-petrov/svernuli-v-gory-glavnye-trendy-vnutrennego-turizma-v-2021-godu> (дата обращения: 09.06.2022).
- Пирожников С. Цифровые путешествия: как туристический бизнес осваивает онлайн во время пандемии // Rusbase. URL: <https://rb.ru/opinion/tourism-new-in-pandemic/> (дата обращения: 19.06.2022).
- Планы путешествий в 2021 году // Путешествия, туризм и транспорт. Ipsos Group. URL: <https://www.ipsos.com/ru-ru/plany-puteshestviy-v-2021-godu> (дата обращения: 04.06.2022).
- Путешествия по России и не только: туризм после самоизоляции // Исследование Яндекс «Туризм летом 2020». URL: <https://yandex.ru/adv/solutions/analytics/puteshestviya-po-rossii-i-ne-tolkoturizm-posle-samoizolyatsii> (дата обращения: 29.03.2022).
- Распоряжение Правительства РФ «О Стратегии развития туризма в РФ на период до 2035 г.» от 20 сентября 2019 г. № 2129-р // Информационно-правовой портал «Гарант.ру». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72661648/> (дата обращения: 21.06.2022).
- Российский туризм после пандемии: перспективы восстановления турбизнеса (2021) // Деловой профиль. URL: https://delprof.ru/upload/iblock/63f/DelProf_Analitika_Rynok-turizma.pdf (дата обращения: 25.06.2022).
- Самые популярные туристические направления лета 2020 // Турстат. URL: <http://turstat.com/topresortsummer2020> (дата обращения: 15.06.2022).
- Сведения о количестве туроператоров в Едином федеральном реестре туроператоров за 2010-2020 годы // Федеральное агентство по туризму. URL: <https://tourism.gov.ru/contents/analytics/statistics/svedeniya-o-kolichestve-turoperatorov-v-edinom-federalnom-reestre-turoperatorov-za-2010-2020-gody/> (дата обращения: 20.06.2022).
- Статистика // Федеральное агентство по туризму. URL: <https://tourism.gov.ru/contents/analytics/statistics/> (дата обращения: 20.06.2022).
- Тренды в продвижении туристических продуктов в 2021 году // Marketing TECH. URL: <https://marketing-tech.ru/interview/> (дата обращения: 29.03.2022).
- Тренды в туризме в 2022 году // WelcomeTimes. URL: <https://welcometimes.ru/opinions/trendy-v-turizme-v-2022-godu> (дата обращения: 29.03.2022).
- UNWTO World Tourism Barometer 2021. URL: <https://www.unwto.org/unwto-world-tourism-barometer-data> (Accessed: 22.06.2022).

Список литературы

- Bogomazova I.V., Stenyushkina S.G. 2018. Using modern technologies for the development of competitive advantages of regional tourism. *Espacios*, 39(24): 19
- Klimova T.B., Bogomazova I.V., Anoprieva E.V., Semchenko I.V., Plokhikh R.V. 2020. Digital supply chain management in the tourism and hospitality industry: Trends and prospects. *International Journal of Supply Chain Management*, 9(3): 843 – 849.
- Pesce D., Pesce D., Neirotti P., Paolucci E. 2019. When culture meets digital platforms: value creation and stakeholders' alignment in big data use. *Current Issues in Tourism*, 22(15): 1883 – 1903. <https://doi.org/10.1080/13683500.2019.1591354> (Accessed: 02.04.2022).
- Voronkova L.P. 2019. Multi-objective optimization of the tourism industry. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 11(5): 140 – 144, URL: <https://www.jardcs.org/abstract.php?id=1000> (Accessed: 12.06.2022).
- Yang W., Yang W., Wang X., Wang X., Zhang K., Zhang K., Ke Z.b. 2020. COVID-19 urbanization pattern and economic recovery: An analysis of Hubei, China *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24): 9577. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/24/9577> (Accessed: 28.06.2022).

References

- Bogomazova I.V., Stenyushkina S.G. 2018. Using modern technologies for the development of competitive advantages of regional tourism. *Espacios*, 39(24): 19



- Klimova T.B., Bogomazova I.V., Anoprieva E.V., Semchenko I.V., Plokhikh R.V. 2020. Digital supply chain management in the tourism and hospitality industry: Trends and prospects. *International Journal of Supply Chain Management*, 9(3): 843 – 849.
- Pesce D., Pesce D., Neirotti P., Paolucci E. 2019. When culture meets digital platforms: value creation and stakeholders' alignment in big data use. *Current Issues in Tourism*, 22(15): 1883 – 1903. <https://doi.org/10.1080/13683500.2019.1591354> (Accessed: 02.04.2022).
- Voronkova L.P. 2019. Multi-objective optimization of the tourism industry. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 11(5): 140 – 144, URL: <https://www.jardcs.org/abstract.php?id=1000> (Accessed: 12.06.2022).
- Yang W., Yang W., Wang X., Wang X., Zhang K., Zhang K., Ke Z.b. 2020. COVID-19 urbanization pattern and economic recovery: An analysis of Hubei, China *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24): 9577. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/24/9577> (Accessed: 28.06.2022).

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Богомазова Ирина Викторовна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры международного туризма и гостиничного бизнеса Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

Климова Татьяна Брониславовна, кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой, доцент кафедры международного туризма и гостиничного бизнеса Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Irina V. Bogomazova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of International Tourism and Hotel Business, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Tatyana B. Klimova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Associate Professor of the Department of International Tourism and Hotel Business, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

УДК 332.146.2

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-731-737

Анализ роли Интернет-торговой площадки как направления совершенствования государственного регулирующего аграрного рынка региона

Жилинкова К.Б., Жилинкова Л.А.

Государственное образовательное автономное учреждение высшего образования Курской области
"Курская академия государственной и муниципальной службы"
Российская Федерация, 305044, город Курск, улица Станционная, 9
E-mail: fantasy_sky__@mail.ru, l_zhilinkova@mail.ru

Аннотация. Информация с каждым годом становится все более важным инструментом в работе предприятия и в планировании стратегий развития как отдельных предприятий, так и отраслей в целом. Развитая и сбалансированная в работе Интернет-торговая площадка позволит предприятиям вовремя принимать эффективные решения, а также станет аспектом совершенствования в области государственного регулирования. В силу того, что данная сфера взаимодействий между субъектами рынка находится в активной стадии развития, необходимо проведение дополнительных исследований и предложений. Целью данного исследования является разработка и предложение Интернет-торговой площадки для региона, которая позволит повысить информационную эффективность государственного регулирования аграрного рынка. В результате исследования была предложена структура возможной Интернет-торговой площадки для региона, прописана взаимосвязь ее элементов, выделены преимущества. Полученные результаты могут быть применены на практике и позволят улучшить сотрудничество между субъектами рынка, а также усилить роль государства как активного участника рынка.

Ключевые слова: государственное регулирование, рынок, регулирование, информационная эффективность, региональный рынок.

Для цитирования: Жилинкова К.Б., Жилинкова Л.А. 2022. Анализ роли Интернет-торговой площадки как направления совершенствования государственного регулирования аграрного рынка региона. Экономика. Информатика, 49(4): 731–737. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-731-737

Analysis of the Role of the Internet Trading Platform as a Direction for Improving State Regulation of the Agricultural Market in the Region

Ksenia B. Zhilinkova, Lyudmila A. Zhilinkova

State Educational Autonomous Institution of Higher Education of the Kursk region
"Kursk Academy of State and Municipal Service"
9 Stationnaya Street, Kursk, , 305044, Russian Federation
E-mail: fantasy_sky__@mail.ru, l_zhilinkova@mail.ru

Abstract. Every year information becomes an increasingly important tool in the work of an enterprise and in planning development strategies, both for individual enterprises and for industries as a whole. A developed and balanced online trading platform will allow enterprises to make effective decisions on time, as well as become an aspect of improvement in the field of state regulation. Due to the fact that this area of interaction between market entities is in an active stage of development, additional research and proposals are needed. The purpose of this study is to develop and offer an online trading platform for the region, which will increase the information efficiency of state regulation of the agricultural market. As a result of the study, the structure of a possible online trading platform for the region was proposed, the interrelation

of its elements was spelled out, and advantages were highlighted. The results obtained can be applied in practice and will improve cooperation between market participants, as well as strengthen the role of the state as an active market participant.

Keywords: state regulation, market, regulation, information efficiency, regional market

For citation: Zhilinkova K. B., Zhilinkova L. A. 2022. Analysis of the Role of the Internet Trading Platform as a Direction for Improving State Regulation of the Agricultural Market in the Region. Economics. Information technologies, 49(4): 731–737. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-731-737

Введение

В современном динамично развивающемся мире вовремя полученная и качественная информация способна повлиять на успех бизнеса, будь то налаженное, действующее уже не одно десятилетие производство или перспективный стартап с креативными идеями. В то же время недостоверная информация так же, как и запоздалое получение верной информации, может нанести существенный урон в деятельности участников рынка.

Главным источником информации на сегодняшний день может стать Интернет. Однако далеко не все возможности сети Интернет используются участниками аграрного рынка. Только у крупных товаропроизводителей есть сайты и развитая, стабильно работающая система их техподдержки. Малый и средний бизнес уступают на этих позициях.

На сегодняшний день в свободном доступе находится ограниченная информация, касающаяся участников аграрного рынка. Так, на официальном сайте администрации Курской области можно ознакомиться со списком предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности Курской области [Официальный сайт администрации Курской области]. Представлены субъекты аграрного рынка с указанием контактов и направлением деятельности, что весьма удобно. Однако информация не актуализируется и часто является устаревшей.

На портале «АБ-Центр» размещается информация о продажах сельскохозяйственной продукции [Экспертно-аналитический центр агробизнеса]. Однако работать с ней затруднительно. Каждое новое объявление опускает вниз предыдущее. Пользователю нужно потратить время, чтобы просмотреть всю размещенную информацию и найти нужную.

Среди плюсов портала «АБ-Центр» можно выделить размещение информации о поставщиках с кратким описанием деятельности и указанием контактов. Кроме того, указывается регион, в котором действует то или иное предприятие. Но нет возможности фильтрации данных. Портал не предоставляет возможность выбрать нужный регион и просматривать объявление только по нему.

Объекты и методы исследования

В процессе работы использовались монографический метод, анализ, синтез, а также моделирование и системный подход. Объект исследования – аграрный региональный рынок.

Результаты и их обсуждение

В рамках современных реалий информационные технологии все глубже проникают в различные сферы деятельности, а специалистам разных направлений все теснее приходится взаимодействовать с компьютерами и современными программами, в том числе и специалистам, задействованным в аграрном рынке. Так отмечает один из авторов: «Сравнительно недавно аграрии приступили к использованию цифровых технологий для осуществления контроля за посевами и различными элементами агротехнологического процесса» [Белоусов, 2013].

На смену привычным механизмам продаж, таким как биржи, рынки и ярмарки приходят современные – электронные торговые площадки, сайты и другие возможности сети Интернет. Они прогрессивнее и эффективнее своих предшественников [Руденко, Сафонова, 2021]. В современной экономической среде создание региональной аграрной торговой площадки, где участники рынка могли бы быстро находить друг друга, оговаривать вопросы цены, качества и поставки продукции становится целесообразным решением. Стоит отметить, что вопрос о создании единой информационной площадки рассматривается современными учеными. Так, авторы одного из исследований рассмотрели интернет-площадку производителей саженцев Тамбовской области [Карамнова, Грекова, Греков, 2021].

Мы видим целесообразность создания одной единой интернет-торговой площадки для регионального аграрного рынка. Ведь направления сельскохозяйственной деятельности взаимосвязаны и взаимозависимы. А за счет массового охвата стоимость для пользователей площадки может быть ниже стоимости площадки по той или иной отрасли, что позволит включиться в рыночные взаимоотношения многим представителям малого и среднего бизнеса. Кроме того, на такой площадке стоит предоставить возможность зарегистрироваться не только ИП, КФХ и организациям, но и физическим лицам. Физические лица получают ограниченный доступ со следующими возможностями: изучение открытых вакансий, информация о производителях и точках реализации продукции, а также фермерских ярмарках, рынках и конференциях.

Площадка позволит пользователям своевременно узнавать об открытии фермерских рынков, ярмарках, а также изучить спектр открытых вакансий и разместить свое резюме.

ИП, КФХ, организации и инвесторы получают полный доступ на площадку. Модель такого рода площадки должна включать несколько блоков (рис. 1). Общим для всех блоков считаем полезным введение функции закладки на Интернет-торговой площадке, чтобы пользователи могли всегда найти заинтересовавший их материал.



Рис. 1. Модель функционирования торговой площадки
Fig. 1. The model of functioning of the trading platform

Первый блок – консультирование участников рынка. Должен содержать в себе информацию общего доступа: объявления о ярмарках, фермерских рынках, прогноз погоды, сельскохозяйственные конференции, консультация специалистов по вопросам животноводства и растениеводства, а также бухгалтерского учета и налогообложения.

Внутри блока стоит сделать разбивку по разделам:

- раздел статей и видеоматериалов по различным темам производства, налогообложения и другим важным темам для сельхозтоваропроизводителей;
- раздел объявлений о ближайших мероприятиях в регионе (ярмарки, фестивали, научные круглые столы и др.);
- раздел, посвященный актуальной информации по государственным программам и государственной поддержке сельхозтоваропроизводителей;
- раздел по консультациям, где можно оставить заявку на консультацию со специалистом в удобное время.

Для успешной работы этого блока должны быть привлечены специалисты АПК Курской области и действующие ИКЦ по Курской области.

Что касается ИКЦ Курской области, то по состоянию на конец 2012 года их насчитывалось 9 [Горбунов, 2013], и в последующие годы наблюдалась тенденция к сокращению ИКЦ. Так к 2017 году активными остались 4 ИКЦ Конышевского, Поныровского, Курчатовского и Хомутовского районов.

Однако по прошествии шести лет интерес к ИКЦ снова возрастает. Так, в 2018 году филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Курской области сообщил об открытии информационно-консультационного центра. Мы убеждены, что интерес к ИКЦ будет продолжать расти, так как сельскохозяйственное консультирование представляется эффективным в долгосрочной перспективе. А Интернет-площадка позволит эту эффективность реализовать и выйти ИКЦ на новый уровень работы по охвату слушателей и задействованных специалистов.

Второй и третий блоки для удобства поиска стоит сделать взаимосвязанными. Чтобы, к примеру, при заполнении бланка объявления на поиски вакансии сервер автоматически предлагал похожие и уже размещенные объявления на поиски кадров. Такая система облегчит и ускорит поиск, а также не будет перегружать архив неактуальными записями. Объявления старше двух месяцев автоматически должны удаляться из сервера.

Отдельное внимание стоит уделить объявлениям для инвесторов. Для представителей малого, среднего и крупного бизнеса считаем целесообразным сделать возможность представлять свои бизнес-планы, которые бы позволили привлечь инвесторов.

Четвертый блок позволит ознакомиться с действующими организациями. Для эффективности необходимо, чтобы на страничке организации были указаны не только основные контакты (телефон, факс, адреса электронной почты, ФИО ответственных лиц), но и действующие ссылки на их сайты.

Как показывает опыт и практика торговых компаний, сайт – весьма эффективный инструмент при ведении успешного предпринимательства. Он позволяет заинтересованным покупателям легко и быстро ознакомиться с ассортиментом продукции, связаться с представителями нужных отделов для консультации.

Образцом грамотно составленного сайта мы считаем сайты таких организаций, как ТК «Стройресурс» [Официальный сайт ТК «Стройресурс»], ООО «Юмис» [Официальный сайт ООО «Юмис»] и ООО «Техновелд» [Официальный сайт ООО «Техновелд»]. Любой пользователь быстро и без труда найдет необходимую ему информацию и контакты. На некоторых сайтах также есть возможность в режиме реального времени задать свой вопрос менеджеру и получить консультацию.

При создании сайтов для сельскохозяйственных предприятий дополнительно мы предлагаем, помимо описания, фотоматериала и возможности онлайн-консультирования, добавить видеофайлы, чтобы наглядно и вкратце ознакомить покупателей с технологиями производства. Кроме того, полезным будет возможность заказывать звонки от специалистов отделов.

Вместе с тем хорошим и весьма важным дополнением для этого блока может служить возможность оставлять отзывы о работе контрагентов.

При этом должна быть обеспечена защита сервера и проверка аккаунтов организаций, чтобы не создавались липовые организации-пользователи, которые намеренно поднимали бы или опускали рейтинги конкурентов и коллег, а для отправки отзывов использовались электронные подписи руководителей организаций или ответственных лиц.

Дополнительно считаем целесообразным дать возможность предприятиям оставлять на сервере площадки свои сертификаты, дипломы, знаки качества товара и другие награды.

Пятый блок должен выполнять связующую функцию между государством и участниками рынка. Выделяя государству место активного участника рынка, он тем самым заинтересовывает власть в финансировании и развитии таких серверов.

Для успешного запуска такой интернет-площадки мы считаем целесообразным перенять опыт рекламы от интернет-площадки Aliexpress [Жукова, Максименко, 2021]. В частности, запуск рекламы на телевидении и в интернет-пространстве, задействовав серверы электронных почт (рассылка пользователям), а также поисковую оптимизацию на основе ядра запросов пользователей. Считаем важным при донесении информации потенциальным пользователям площадки подробно описать кому и чем она будет полезна.

Заключение

Таким образом, преимущества создания единой региональной Интернет-торговой площадки следующие:

- возможность для трудоустройства населения;
- возможность быстро узнавать обо всех тематических мероприятиях, проводимых в области;
- привлечение специалистов АПК Курской области, имеющих нужный опыт и навыки в консультировании;
- экономия при обеспечении одной, но высокоэффективной торговой площадки на весь регион, чем нескольких раздробленных по направлениям и неравнозначных по охвату;
- возможность для участников рынка в кратчайшие сроки решить все вопросы на одном сервере;
- возможность для государства стать активным участником рынка.

Создание торговой Интернет-площадки по нашей модели будет способствовать повышению информационной эффективности аграрного рынка, выводу ее на новый качественный уровень (рис. 2).

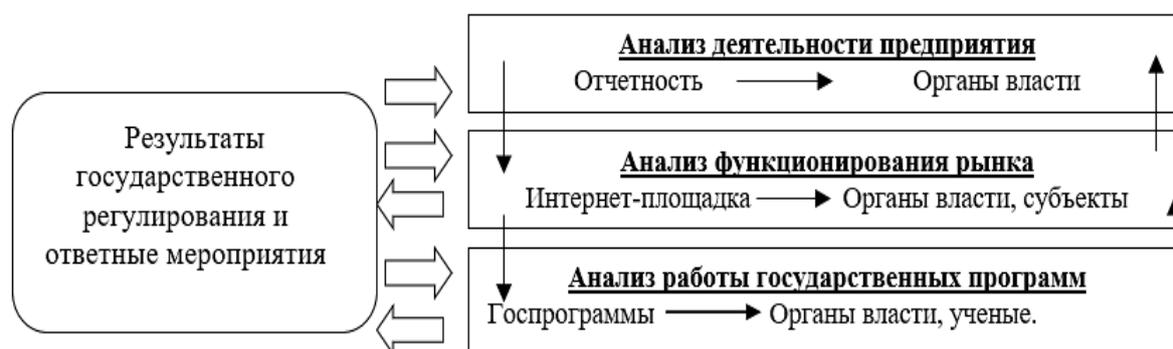


Рис. 2. Повышение информационной эффективности государственного регулирования аграрного рынка за счет областной Интернет-торговой площадки
Fig. 2. Improving the information efficiency of state regulation of the agricultural market at the expense of the regional Internet trading platform

Разработанное положение будет способствовать повышению оперативности, качества информации, ее актуальности, полноты, важности и своевременности, что позволит

развивать компетентные взаимоотношения между государством и агробизнесом, важность развития которых отмечают и другие авторы [Карамнова, Грекова, Греков, 2021].

Кроме того, разработанное положение позволит правительству повысить эффективность государственного регулирования сельскохозяйственного производства и будет способствовать повышению сельскохозяйственного производства и устойчивости развития субъектов аграрной сферы и аграрного рынка.

Список источников

- Официальный сайт администрации Курской области. URL: <https://kursk.ru/> (дата обращения: 20 августа 2022).
- Экспертно-аналитический центр агробизнеса // Торговая площадка. URL: <http://ab-centre.ru/trading/1> (дата обращения 21 августа 2022).
- Официальный сайт ТК «Стройресурс». URL: <http://www.tk-stroyresurs.ru/> (дата обращения 22 августа 2022).
- Официальный сайт ООО «Юмис». URL: <http://yumis46.ru/?yclid=6827459719582454657> (дата обращения 22 августа 2022).
- Официальный сайт ООО «Техновелд». URL: <http://www.tweld.ru/> (дата обращения 22 августа 2022).

Список литературы

- Белюсов В.М. 2013 Основные направления устойчивого развития аграрного сектора экономики. Научное обозрение, 2: 231-233.
- Горбунов Д.В. 2013 Анализ состояния системы информационно-консультационного обслуживания Курской области. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 6: 37-39.
- Жукова С.А., Максименко В.М. 2021 Особенности продвижения компании через интернет-рекламу на примере виртуальной торговой площадки AliExpress. Научный альманах, 4-1 (78): 21-24.
- Руденко А.М., Сафонова С.Г. 2021 Особенности продвижения продукции отечественных сельскохозяйственных предприятий в современных рыночных условиях. Вестник Донского государственного аграрного университета, 3 (41): 130-137.
- Карамнова Н.В., Грекова Н.С., Греков А.Н. 2021 Цифровизация питомниководства региона. Международный научно-исследовательский журнал, 1-4 (103): 13-17. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.103.1.089>

References

- Belousov V.M. 2013. Osnovnye napravleniya ustoichivogo razvitiya agrarnogo sektora ehkonomiki [Main directions of sustainable development of the agricultural sector of the economy]. Nauchnoe obozrenie, 2: 231-233.
- Gorbunov D.V. 2013 Analiz sostoyaniya sistemy informatsionno-konsultatsionnogo obsluzhivaniya Kurskoy oblasti. [Analysis of the state of the information and consulting service system of the Kursk region]. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii, 6: 37-39.
- Zhukova S.A., Maksimenko V.M. 2021 Osobennosti prodvizheniya kompanii cherez internet-reklamu na primere virtualnoy torgovoy ploshchadki Aliexpres [Features of the company's promotion through online advertising on the example of the virtual trading platform Aliexpress]. Nauchnyy almanakh, 4-1 (78): 21-24.
- Rudenko A.M., Safonova S.G. 2021 Osobennosti prodvizheniya produktsii otechestvennykh selskokhozyaystvennykh predpriyatiy v sovremennykh rynochnykh usloviyakh. [Features of promotion of products of domestic agricultural enterprises in modern market conditions]. Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 3 (41): 130-137.
- Karamnova N.V., Grekova N.S., Grekov A.N. 2021 Tsifrovizatsiya pitomnikovodstva regiona [Digitalization of nursery breeding in the region]. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal, 1-4 (103): 13-17. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.103.1.089>

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Жилинкова Ксения Борисовна, преподаватель-практик кафедры экономической теории, регионалистики и правового регулирования экономики, государственное образовательное автономное учреждение высшего образования Курской области "Курская академия государственной и муниципальной службы", г. Курск, Россия

Жилинкова Людмила Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры философии, социально-правовых и естественнонаучных дисциплин, государственное образовательное автономное учреждение высшего образования Курской области "Курская академия государственной и муниципальной службы", г. Курск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ksenia B. Zhilinkova, lecturer-practitioner of the Department of Economic Theory, Regionalism and Legal Regulation of the Economy, State Educational Autonomous Institution of Higher Education of the Kursk region "Kursk Academy of State and Municipal Service", Kursk, Russia

Lyudmila A. Zhilinkova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Philosophy, Socio-Legal and Natural Sciences, State Educational Autonomous Institution of Higher Education of the Kursk region "Kursk Academy of State and Municipal Service", Kursk, Russia

УДК 378.4:339.13

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-738-748

Маркетинговая специфика реализации образовательных программ и конкурентное позиционирование университета

¹ Старикова М.С., ² Кучерявенко С.А., ¹ Пономарева Т.Н.

¹ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

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

E-mail: starikova.ms@bstu.ru, kucheryavenko_s@bsu.edu.ru, ktn2103@mail.ru

Аннотация. Рост конкуренции на глобальном и национальном рынке образования обуславливает необходимость использования маркетинговых технологий, позволяющих облегчить потребителям идентификацию и дифференциацию предлагаемых продуктов. Инструментарий брендинга и позиционирования образовательных программ, реализуемых университетом, подвержен трансформации как под воздействием внешних факторов, так и под влиянием специфики предлагаемого на рынке продукта. Целью исследования является выявление специфических особенностей и определение направлений совершенствования позиционирования университетов на рынке образования. Методы исследования: кабинетные исследования, направленные на обобщение научных трудов по проблематике позиционирования и поиск возможностей их приложения к продукту университета, продвигаемому на рынке образования; контент-анализ рекламных объявлений 40 университетов, позволивший определить ключевые акценты и мотивы, применяемые в позиционировании образовательных организаций высшего образования; классификация, методы сравнения и обобщения с целью выявления отличий в доведении до потребителей университета своей конкурентной позиции. Результаты исследования: сформулирована маркетинговая специфика реализации образовательных программ и конкурентное позиционирование университета; выделены группы ключевых позиций на рынке высшего образования. Результаты исследования могут быть использованы в процессе разработки маркетинговой стратегии университета.

Ключевые слова: маркетинг образования, образовательный рынок, реализация образовательных программ, позиционирование университета, управление брендом

Для цитирования: Старикова М.С., Кучерявенко С.А., Пономарева Т.Н. 2022. Маркетинговая специфика реализации образовательных программ и конкурентное позиционирование университета. Экономика. Информатика, 49(4): 738–748. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-738-748

Marketing Specifics of the Implementation of Educational Programs and Competitive Positioning of the University

¹ Maria S. Starikova, ² Svetlana A. Kucheryavenko, ¹ Tatyana N. Ponomareva

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
46 Kostyukova St, Belgorod, 308012, Russia

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

E-mail: starikova.ms@bstu.ru, kucheryavenko_s@bsu.edu.ru, ktn2103@mail.ru

Abstract. The growing competition in the global and national education market necessitates the use of marketing technologies that make it easier for consumers to identify and differentiate the products offered. The tools for branding and positioning educational programs implemented by the university are subject to

transformation both under the influence of external factors and under the influence of the specifics of the product offered on the market. The purpose of the study is to identify specific features and identify areas for improving the positioning of universities in the education market. Research methods: desk research aimed at summarizing scientific papers on positioning issues and searching for opportunities to apply them to the university product promoted on the education market; content analysis of advertisements of 40 universities, which made it possible to determine the key accents and motives used in the positioning of educational institutions of higher education; classification, methods of comparison and generalization in order to identify differences in bringing to the consumers of the university its competitive position. Results of the research: the marketing specifics of the implementation of educational programs and the competitive positioning of the university are formulated; groups of key positions in the higher education market are identified. The results of the study can be used in the process of developing the university's marketing strategy.

Keywords: education marketing, educational market, implementation of educational programs, university positioning, brand management

For citation: Starikova M.S., Kucheryavenko S.A., Ponomareva T.N. 2022. Marketing Specifics of the Implementation of Educational Programs and Competitive Positioning of the University. Economics. Information technologies, 49(4): 738–748. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-738-748

Введение

На российском рынке труда по состоянию на 2020 год в структуре занятых 34,8 % составляют люди с высшим образованием (причем среди мужчин людей с высшим образованием насчитывается 30 %, а среди женщин – 39,8 %) [Российский статистический ежегодник, 2021]. Согласно данным Росстата, данная доля остается относительно стабильной в последние годы и объясняет относительную устойчивость рынка услуг высшего образования. Вместе с тем, конъюнктура данного рынка свидетельствует о его насыщении и необходимости применения инструментов маркетинга, в частности, позиционирования бренда, для удержания и развития позиций университета на отечественном и глобальном рынке образования.

Актуальность использования маркетинговых технологий в образовательной сфере обусловлена, помимо прочего, снижением числа студентов (рис. 1, 2) и связанным с этим ростом конкуренции.

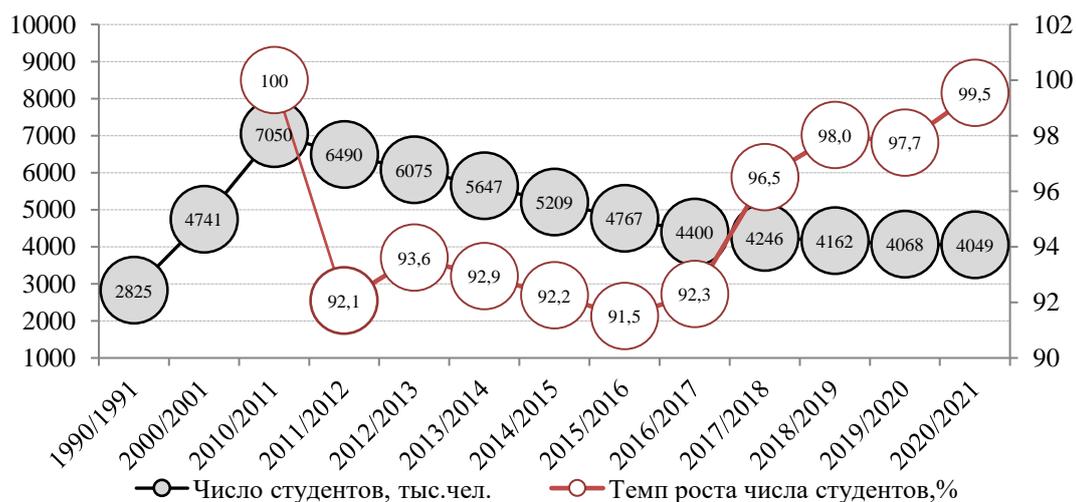


Рис. 1. Динамика числа студентов в российских вузах

Источник: Российский статистический ежегодник. 2019: Стат.сб./Росстат.М., 2019. С. 202; Российский статистический ежегодник. 2021: Стат.сб./Росстат. –М., 2021 – 692 с. С. 186

Fig.1. Dynamics of the number of students in Russian universities

Source: Russian Statistical Yearbook. 2019: Stat.sb. / Rosstat.M., 2019. S. 202; Russian statistical yearbook. 2021: Stat.sb./Rosstat. -M., 2021 - 692 p. S. 186

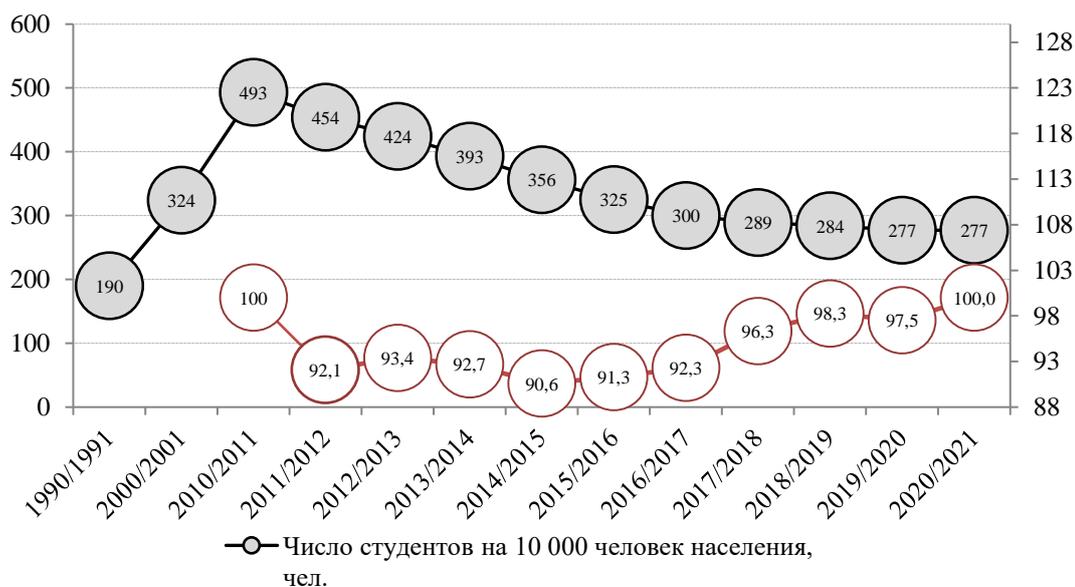


Рис. 2. Динамика удельного числа студентов в российских вузах
Источник: Российский статистический ежегодник. 2019: Стат.сб./Росстат. - М., 2019 – 708 с., С. 202; Российский статистический ежегодник. 2021: Стат.сб./Росстат. –М., 2021 – 692 с. С. 186, расчеты автора

Fig. 2. Dynamics of the specific number of students in Russian universities
Source: Russian Statistical Yearbook. 2019: Stat.sb./Rosstat. - M., 2019 - 708 p., S. 202; Russian statistical yearbook. 2021: Stat.sb./Rosstat. -M., 2021 - 692 p. S. 186, author's calculations

Реализация маркетинговой деятельности в образовательных организациях высшего образования в настоящее время происходит на фоне уберизации экономики, повышения значимости аутентичности (подлинности) и кастомизации (маркетинг на основе совместного творчества) продукта, адаптации инструментария рыночной деятельности к социальным и мобильным сетям, повышения значимости партнерских отношений [Волкова, 2016; Козлова, 2011; Чан, 2018]. Помимо общеэкономических трендов, требующих адаптации маркетинга, реализация образовательных программ сама по себе имеет множество специфических черт, определяющих особенности ее позиционирования и брендинга на рынке.

Объекты и методы исследования

Цель работы – выявление специфических особенностей и определение направлений совершенствования позиционирования университетов на рынке образования.

Для достижения поставленной цели были осуществлены: 1) кабинетные исследования, направленные на обобщение научных трудов по проблематике позиционирования и поиск возможностей их приложения к продукту университета, продвигаемому на рынке образования; 2) контент-анализ рекламных объявлений 40 университетов, позволивший определить ключевые акценты и мотивы, применяемые в позиционировании образовательных организаций высшего образования.

Результаты исследования и их обсуждение

В.А. Юдина, М.А. Танина, В.В. Бондаренко подчеркивают тройственную природу образовательных услуг, которые трактуются как процесс передачи знаний, как приращение интеллектуального капитала человека, как специфический образовательный товар [Юдина, Танина, Бондаренко, 2022]. Мы, рассматривая в данной статье проблематику позиционирования университетов на рынке образования, акцентируем маркетинговое видение реализации образовательных программ как специфического продукта. Обобщение трудов исследователей [Абабкова, 2016; Арпентьева, 2021; Голубев, 2020; Максаев, 2021; Савиных, 2007;

Фомин, 2008] позволило выделить следующие характерные особенности реализации образовательных программ университета:

- одновременность удовлетворения личных, групповых (работодатели) и общественных (государство) потребностей, то есть идет речь о тройственности природы реализации образовательных программ, которая проявляется в том, что она несет в себе высокую социальную значимость и, одновременно, имеет признаки частного, коммерческого блага, то есть реализация образовательных программ является «смешанным» в данном контексте благом;

- двуфазность услуг высшего образования, проявляющаяся в том, что первоначально университет предоставляет услуги обучающимся, а затем данная услуга реализуется на рынке труда. В данной двойной продаже «вторичный» товар продает себя сам, так как выпускники прикладывают собственные усилия для поиска работы, предлагая свои компетенции работодателю;

- вторая «продажа образовательной услуги» (на рынке труда) имеет специфику обратной связи: отсутствие (или наличие слабой) обратной связи между проданным товаром и его поставщиком (карьерный путь выпускников не отслеживается систематично и полностью). Отсутствует стабильно функционирующий механизм мониторинга из-за больших объемов выпуска, непредсказуемости территориального распределения;

- длительность операционного (производственного) цикла их предоставления;
- форвардный характер образовательной услуги, обуславливающий отсроченный эффект;

- коллективное решение о выборе образовательной услуги;
- множественность мотивов у потребителей услуги. Потребность в высшем образовании основана на желании освоить профессию, освоить квалификационные навыки, сделать карьеру, получить определенный социальный статус. Существует мнение, что мотивационная доминанта в рассматриваемой сфере подверглась изменению в XXI веке: в текущий момент образование является средством выживания, а не способом удовлетворить стремление к престижу;

- творческое содержание процесса использования;
- результат предоставления услуги зависит не только от субъекта ее предоставления, но и от объекта (студента), от состояния рынка труда;

- существует возможность сохранения услуги (видеолекции);
- неопределенность права собственности на образование: интеллектуальная собственность университета и собственность приобретшего его человека;

- качество реализации образовательной программы имеет нормативный (формальная совокупность свойств услуги, подтвержденная перечнем освоенных дисциплин), рыночный (совокупность способностей специалиста, позволяющая строить карьеру), социально-этичный аспект (заложенная в образовательной услуге ответственность университета перед обществом).

Можно заключить, что позиционирование образовательных программ, реализуемых университетом, должно быть ориентировано на разные целевые аудитории (абитуриенты, работодатели, персонал) и интегрировать их мотивационное восприятие. Бренд университета также должен иметь интегральную основу. Кроме того, необходимо учитывать, что в настоящее время сохраняется консерватизм университетской среды в принятии маркетинга как эффективной технологии управления. Вызвано это отчасти инерцией стереотипов, то есть неприятием работниками университета взаимоотношений рыночного типа, страхом потери фундаментального характера образования в угоду утилитарным и прагматическим требованиям рынка. Кроме того, имеет место зачастую остро воспринимаемое несоответствие традиционно гуманистических принципов образовательной деятельности и маркетинговых приемов, используемых, например, при реализации концепции интенсификации коммерческих усилий. Иными словами, управление брендом университета и процесс его

позиционирования на рынке должны производиться на основе релевантной методологии и с использованием приемов партнерского и этичного бизнеса, являющихся основой холистической парадигмы маркетинга. Для терминологической определенности подчеркнем, что позиционирование мы понимаем как способ идентификации и конкурентной дифференциации, реализуемый на основе особого свойства (атрибута) продукта.

Анализ источников показывает, что различные авторы предлагают строить позицию университета на основе представления о регионе базирования университета [Свекатовски, 2010; Щербинина, 2020], с ориентиром на качество образования [Чумаченко, 2020], на основе создания привлекательного имиджа университета в умах медиапотребителей, что рассматривается как отправная точка к благоприятному отношению со стороны прямых потребителей услуг [Томуук, 2022]. На наш взгляд, в основе позиционирования университета должна лежать потребительская мотивация, что актуализирует значимость маркетинговых исследований в университетской образовательной среде.

В исследовании проведен контент-анализ слоганов и рекламных обращений университетов, размещенных в сети Интернет. Данный полигон исследования выбран в силу того, что в настоящее время при ориентации на абитуриентов нельзя не охватывать цифровую коммуникационную среду. Полученные результаты обобщены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Группировка мотивов позиционирования университетов
 Grouping motives for positioning universities

Слоган (оригинал)	Слоган (перевод)	Университет	Страна
1	2	3	4
Акцент на лидерство образовательной организации			
#1 in the Benilux. #31 in the world	№1 в Бенилюкс. №31 в мире	Rotterdam School of Management Erasmus University Rotterdam	Нидерланды
Ground breakers	Первопроходцы	University of Toronto	Канада
Meet the students top world universities prefer	Познакомьтесь со студентами, которых предпочитают лучшие мировые университеты	Oakridge International School	Индия
We Are Leaders in Hospitality Management – Live It, Love It, Learn It	Мы лидеры в гостиничном менеджменте – живите, любите, учитесь	Ulster University отраслевая специализация	Великобритания
Change your world at a world top 100 university	Измените свой мир в одном из 100 лучших университетов мира	University of Glasgow	Великобритания
Акцент на базовую потребность в продукте образовательной организации			
Degrees in the heart of Rotterdam	Ученые степени в центре Роттердама	Erasmus University Rotterdam	Нидерланды
Акцент на мотив сопричастности, принадлежности к социальным группам			
TOGETHER we will engineer the better world	ВМЕСТЕ мы спроектируем лучший мир	Qatar University	Катар
Together we will educate the future generations	Вместе мы будем воспитывать будущие поколения	Future Generations University	США

Продолжение табл. 1

Слоган (оригинал)	Слоган (перевод)	Университет	Страна
How do we solve the world's greatest challenges? Together.	Как мы решаем самые большие проблемы в мире? Вместе	The University of British Columbia	Канада
What important to you is important to us	Что важно для вас важно для нас	University of Maryland	США
You to the power of us can. (You)us	Вы в нашей власти (Вы)мы	Macquarie University	Австралия
Break through. Make life-long connection	Вырвись вперед. Заведи знакомства на всю жизнь	King's College London	Великобритания
Полвека формируем мировую элиту	–	Российский университет дружбы народов	Россия
Акцент на профессиональные амбиции абитуриентов			
Home to the greats tomorrow	Дом великого завтра	University of Greenwich	Великобритания
You have goals. We have options	У тебя есть цели. У нас есть способы их достижения	Образовательная платформа Maven Learning	США
Ambition can't wait	Амбиции не могут ждать	Drexel University	США
Made for more	Ты сделан для большего	Middlesex University	Великобритания
My own measure for success	Мой собственный показатель успеха	Lakehead University	Канада
Take the next step in your career	Сделайте следующий шаг в своей карьере	Oklahoma Christian University	США
Do something today that your future self will thank you for	Сделай что-нибудь сегодня, чтобы твое будущее поблагодарило тебя	University of Nairobi	Кения
Can you be more? Be here.	Хотите большего? Будьте здесь	Cass Business School	Великобритания
On your way to bold impact	На пути к смелым результатам	Bowie State University	США
Your path from start to future	Ваш путь от начала до будущего	Evangel University	США
The power of opportunity	Сила возможностей	ROSS University/School of Medicine	США
Where will your degree take you?	Куда вас приведет ваша степень?	AUT University	Новая Зеландия
Wake up. Today is the day. Today is the day. Get ready	Вставай. Сегодня тот самый день Сегодня тот самый день. Будь готов	Maris Stella College	Индия
Не пропусти будущее	–	Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ	Россия
Акцент на саморазвитие			
Know your mind	Познай свой разум	Victoria University	Новая Зеландия

Продолжение табл. 1

Слоган (оригинал)	Слоган (перевод)	Университет	Страна
Find your WHY... My WHY is inspiring change-makers My WHY is illuminating who we are	Найди свое ПОЧЕМУ... Мое почему – вдохновиться идеями, изменив мир Мое почему – понять, кто мы	Royal Holloway University of London	Великобритания
Учиться на себя	–	Новосибирский государственный университет	Россия
Get the skills to / Get the mentoring to / Get the coaching to	Получить навыки / Получить наставничество / Получить коучинг	Ealing, Hammersmith & West London College	Великобритания
Learn Life	Учись жизни (сопровождается визуальным образом, подчеркивающим разнообразие приобретаемых в университете впечатлений)	The University of East Anglia	Великобритания
Акцент на исполнении мечты			
Give your dream a deadline	Превратите мечту в цель	RMIT University	Австралия
Live your dream	Живи своей мечтой	National University, Los Angeles	США
The best way to predict your future is to create it	Лучший способ предсказать ваше будущее – создать его	KDK College for engineering	Индия
Stop at nothing. To give a passion greater purpose Stop at Nothing. Never lose sight of what matters	Не останавливайся ни перед чем. Страстно следуй своей великой цели Не останавливайся ни перед чем. Следи за тем, что важно	University of California Irvine	США
Lead the way	Управляй своей жизнью	University of Manitoba	Канада
Акцент на установление эмоциональной связи со студентами			
- My class is small....- So I can think big	– Мой класс маленький... – Так что я могу мыслить масштабно	Northern Arizona University	США
It's not about where you're from. It's about where you're going	Дело не в том, откуда ты. А в том, куда ты идешь	University of Hertfordshire	Великобритания
Fearless in the face of the Great Wide open (the Chaos theory, Commanding the airwaves, ...Oxygen Deprivation, Uncharted Waters, ...High expectations, ..the uncertainty principle, ...)	Бесстрашный перед лицом теории Хаоса Бесстрашный перед принципом неопределенности Бесстрашный перед кислородной недостаточностью и т.д.	Flinders University	Австралия

Окончание табл. 1

Слоган (оригинал)	Слоган (перевод)	Университет	Страна
Поступай правильно	–	Алтайский государственный университет	Россия
This is not an apple. This is proof of gravity. It is a genetic cousin to the rose This is a \$10 billion global market. («This is not a tree... This is not a light bulb... This is not salt...»)	Вот это не яблоко. Это подтверждение гравитации. Это генетический кузен розы. Это глобальный рынок размером в 10 млрд. долл. (пример из серии рекламных обращений «Это не дерево.../ Это не лампочка.../ Это не соль...»)	DePaul University	США

Источник: авторское обобщение и перевод
Source: author's summary and translation

Подчеркнем, что использование лидерства университета в области качества реализации образовательных программ в основе рекламного заявления допустимо в случае реального первенства образовательной организации в конкурентной университетской среде. При этом акцент на базовую потребность является частным случаем акцента на лидерство и также используется, если образовательная организация демонстрирует первенство в секторе деятельности, связанном с реализацией образовательных услуг. В случае, когда университет не может занять центровую позицию на образовательном рынке, он выбирает вариации дифференцированной позиции. Исходя из рассмотренных примеров, на анализируемом рынке существует три варианта дифференциации:

1) подчеркивание причастности к социальной группе. Подобный прием ориентирует на описание целевой группы потребителей, к которой относится абитуриент или с которой он хочет себя ассоциировать;

2) сосредоточение на профессиональных стремлениях и целях саморазвития. В данном случае затрагивается информационный аспект позиционирования, характерный для негативной мотивации, когда абитуриент рассматривает обучение в университете через призму возможности решить проблему;

3) установление связи с помощью эмоционального посыла. Считаем, что упоминание возможности исполнить мечту в рекламе университета, выделенное нами в отдельную группу в таблице 1, также является эмоциональным подходом к позиционированию.

Следует отметить, что российские университеты недостаточно полно используют потенциал позиционирования, а, между тем, формирование имиджа университета в медиапространстве является проводником к восприятию и трансляции потребителями его идентичности.

Заключение

На фоне уберизации экономики и кастомизации продуктов, а также в силу насыщенности рынка высшего образования востребованным инструментом обеспечения конкурентоспособности университетов является позиционирование. Выделены такие особенности реализации образовательных программ высшей школой, как одновременность удовлетворения личных, групповых и общественных потребностей, двуфазность услуг высшего образования, специфика обратной связи, длительность операционного цикла предоставления услуг, форвардный характер образовательной услуги, коллективное решение о выборе образовательной программы, множественность мотивов у потребителей услуги и пр.

Исходя из понимания позиционирования как способа идентификации и конкурентной дифференциации, реализуемого на основе особого свойства продукта, выполнен контент-анализ слоганов и рекламных обращений университетов, размещенных в сети Интернет. Выявленные мотивы сосредоточены на лидерстве и базовой потребности, представляющей собой варианты центральной позиции или на причастности к социальной группе, на профессиональных стремлениях и целях саморазвития, на установлении связи с помощью эмоционального посыла, раскрывающих дифференцированную позицию (она используется, когда есть более сильный конкурент). Данный набор установок позиционирования мы считаем целесообразным для более активного использования российскими университетами при продвижении своих образовательных программ на рынке высшего образования.

Список источников

Труд и занятость в России. 2021: Стат. сб. / Росстат. – М., 2021. – 177 с.

Список литературы

- Абабкова М.Ю., Васильева О.О. 2016. Концепция маркетинга инноваций в высшем образовании. Транспортное дело России, 6: 3-6.
- Арпентьева М.Р. 2021. Маркетинг образования и проблема образовательных услуг: обзор отечественных и зарубежных исследований. Эргодизайн, 2 (12): 79-96.
- Волкова К.М. 2016. Уберизация экономики. Проблемы современной науки и образования, 11 (53): 85-87.
- Голубев А.И. 2020. Компетентностно-ориентированный подход к образованию как фактор управления лояльностью потребителей образовательных услуг. Экономика и бизнес: теория и практика, 1-1 (59): 89-92.
- Козлова Е.А. 2011. Кастомизация и персонализированный маркетинг как бизнес-идея для российских компаний. Научные труды Вольного экономического общества России, 151: 131-139.
- Максаев А.А. 2021. Социально-этичная маркетинговая концепция в современном вузе: специфика реализации и оценка возможных стратегических результатов. Экономика устойчивого развития, 4 (48): 102-112.
- Савиных В.П., Цветков В.Я. 2007. Маркетинг образовательных услуг. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 4: 169-176.
- Свекатовски Р.И. 2010. Императивы стратегического позиционирования высших учебных заведений на рынке образовательных услуг. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент, 39 (215): 94-98.
- Фомин В. Н. 2008. Социальный маркетинг в образовательной деятельности современного вуза: монография. Белгород: Изд-во БГУ им. В. Г. Шухова: 142с.
- Чан В.Л. 2018. Мобильные технологии и игрофикация в маркетинге, как фактор конкурентоспособности предприятий. Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт, 19:100-106.
- Чумаченко М.А. 2020. "Качество образования" как ключевой фактор маркетингового позиционирования вуза. Современные аспекты экономики, 4 (272): 64-71.
- Щербинина Н.Г., Севостьянов А.В. 2020. Позиционирование университетского города: соотношение смыслового и визуального аспектов бренда. Вестник Томского государственного университета, 458: 116-123.
- Юдина В.А., Танина М.А., Бондаренко В.В. 2022. Развитие цифровых маркетинговых технологий продвижения образовательных услуг российских вузов в условиях глобальных трансформаций. Вестник университета. № 5. С. 71-78.
- Tomyuk O.N., Diachkova A.V., Novgorodtseva A.N. 2022. Global trends in digital transformation and media positioning of universities in social networks. Digital Sociology, 5(1): 64-75.

References

Ababkova M.Yu, Vasil'eva O.O. 2016. Konceptsiya marketinga innovacij v vysshem obrazovanii [The concept of innovation marketing in higher education]. Transportnoe delo Rossii, 6: 3-6. (in Russian)

- Arpent'eva M.R. 2021. Marketing obrazovaniya i problema obrazovatel'nyh uslug: obzor otechestvennyh i zarubezhnyh issledovaniy [Educational marketing and the problem of educational services: a review of domestic and foreign studies]. *Ergodizayn*, 2 (12): 79-96. (in Russian)
- Volkova K.M. 2016. Uberizaciya ekonomiki [Uberization of the economy]. *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya*. 11 (53): 85-87 (in Russian).
- Golubev A.I. 2020. Kompetentnostno-orientirovannyj podhod k obrazovaniyu kak faktor upravleniya loyal'nost'yu potrebitel'ej obrazovatel'nyh uslug [Competence-oriented approach to education as a factor in managing the loyalty of consumers of educational services]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*, 1-1 (59): 89-92. (in Russian)
- Kozlova E.A. 2011. Kastomizaciya i personalizirovannyj marketing kak biznes-ideya dlya rossijskih kompanij [Customization and personalized marketing as a business idea for Russian companies]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii*. 151: 131-139. (in Russian).
- Maksaev A.A. 2021. Social'no-etichnaya marketingovaya koncepciya v sovremennoy vuze: specifika realizacii i ocenka vozmozhnyh strategicheskikh rezul'tatov [Socio-ethical marketing concept in a modern university: implementation specifics and assessment of possible strategic results]. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya*, 4 (48): 102-112 (in Russian).
- Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. 2007. Marketing obrazovatel'nyh uslug [Marketing of educational services]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aehrofotos"emka*, 4: 169-176 (in Russian).
- Svekatovski R. I. 2010. Imperativy strategicheskogo pozicionirovaniya vysshih uchebnykh zavedenij na rynke obrazovatel'nyh uslug [Imperatives of strategic positioning of higher education institutions in the market of educational services]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment*, 39 (215): 94-98 (in Russian).
- Fomin V.N. 2008. Sotsial'nyy marketing v obrazovatel'noy deyatel'nosti sovremennoy vuza: monografiya [Social marketing in the educational activities of a modern university: monograph]. *Izd-vo BGTU im. V. G. Shukhova, Belgorod, Russia*. (in Russian)
- Chan V.L. 2018. Mobil'nye tekhnologii i igrofikaciya v marketinge, kak faktor konkurentosposobnosti predpriyatij [Mobile technologies and gamification in marketing as a factor in the competitiveness of enterprises]. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya ekonomiki: rossiyskiy i zarubezhnyy opyt*, 19: 100-106. (in Russian)
- Chumachenko M.A. 2020. "Kachestvo obrazovaniya" kak klyuchevoj faktor marketingovogo pozicionirovaniya vuza [«The quality of education» as a key factor in the marketing positioning of the university]. *Sovremennye aspekty ekonomiki*, 4 (272): 64-71. (in Russian)
- Shcherbinina N.G., Sevost'yanov A.V. 2020. Pozicionirovanie universitetskogo goroda: sootnoshenie smyslovogo i vizual'nogo aspektov brenda [Positioning of the university city: the ratio of semantic and visual aspects of the brand]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 458: 116-123 (in Russian).
- Yudina V.A., Tanina M.A., Bondarenko V.V. 2022. Razvitie cifrovyyh marketingovyh tekhnologij prodvizheniya obrazovatel'nyh uslug rossijskih vuzov v usloviyah global'nyh transformacij [Development of digital marketing technologies for the promotion of educational services of Russian universities in the context of global transformations]. *Vestnik universiteta*, 5: 71-78 (in Russian).
- Tomyuk O.N. 2022. Global trends in digital transformation and media positioning of universities in social networks. *Digital Sociology*, 5(1): 64-75 (in English).

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Старикова Мария Сергеевна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры маркетинга, БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maria S. Starikova, Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Marketing, BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia.



Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент, директор Центра менеджмента качества, доцент кафедры управления и экономики фармации, г. Белгород, Россия

Svetlana A. Kucheryavenko, Candidate of Economic Sciences, Director of the Quality Management Center, Associate Professor of the Department of Economics and Management of Pharmacy, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Пономарева Татьяна Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры маркетинга, БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Tatyana N. Ponomareva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Marketing, BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia



УДК 338.22.021.4
DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-749-766

Методический подход к выбору инструментария селективной промышленной политики: динамический анализ рынка сельскохозяйственного машиностроения

Ярошевич Н.Ю., Комарова О.В.

Уральский государственный экономический университет,
Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45
E-mail: iarnat@mail.ru.ru

Аннотация. В основе предлагаемого методического анализа лежит логическое сопоставление типа промышленной политики, используемого инструментария и отраслевого анализа, отражающего структурные и динамические особенности развития отдельной отрасли экономики. Реализация методического подхода происходит в три этапа. На первом этапе обосновывается глубина анализа. На втором проводится динамический анализ показателей концентрации, монопольной власти, оценка уровня входных барьеров и турбулентности рынка. На третьем анализируются нормативно-правовые акты, формирующую селективную промышленную политику в части основных инструментов воздействия на отрасль. Сочетание методов позволяет сделать выводы об эффективности используемого инструментария промышленной политики в части устойчивого развития. Апробация методического подхода проводится на примере отрасли сельскохозяйственного машиностроения. Результаты динамического отраслевого анализа показали отсутствие устойчивого роста в отрасли, низкий уровень развития конкуренции, рыночных механизмов координации. Динамический нормативный анализ показал преобладающее использование прямых субсидий как инструмента промышленной политики. Это позволяет определить существующую промышленную политику как реакционную, а принимаемые меры считать временными и неэффективными. Предложенный методический подход является универсальным и может быть использован для анализа других промышленных рынков.

Ключевые слова: промышленная политика, инструменты, отрасль, динамический анализ, сельскохозяйственное машиностроение

Для цитирования: Ярошевич Н.Ю., Комарова О.В. 2022. Методический подход к выбору инструментария селективной промышленной политики: динамический анализ рынка сельскохозяйственного машиностроения. Экономика. Информатика, 49(4): 749–766. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-749-766

Methodological Approach to the Selection of Tools for Selective Industrial Policy: Dynamic Analysis of the Agricultural Machinery Market

Natalya Yu. Yaroshevich, Oksana V. Komarova

Ural State University of Economics,
62/45 8 Marta/Narodnoy Voli St, Yekaterinburg 620144, Russia
E-mail: iarnat@mail.ru.ru

Abstract. The proposed methodological analysis is based on a logical comparison of the type of industrial policy, the tools used and industry analysis reflecting the structural and dynamic features of the development of a particular branch of the economy. The implementation of the methodological approach

takes place in three stages. At the first stage, the depth of the analysis is justified. At the second stage, a dynamic analysis of concentration indicators, monopoly power, assessment of the level of entry barriers and market turbulence is carried out. At the third stage, regulatory legal acts that form a selective industrial policy in terms of the main instruments of influence on the industry are analyzed. The combination of methods allows us to draw conclusions about the effectiveness of the industrial policy tools used in terms of sustainable growth. The approbation of the methodological approach is carried out on the example of the agricultural machinery industry. The results of the dynamic industry analysis showed the lack of sustainable growth in the industry, a low level of competition, market coordination mechanisms. Dynamic normative analysis has shown the predominant use of direct subsidies as an instrument of industrial policy. This makes it possible to define the existing industrial policy as reactionary, and the measures taken are considered temporary and ineffective. The proposed methodological approach is universal and can be used to analyze other industrial markets.

Keywords: industrial policy, tools, industry, dynamic analysis, agricultural engineering

For citation: Yaroshevich N.Yu., Komarova O.V. 2022. Methodological Approach to the Selection of Tools for Selective Industrial Policy: Dynamic Analysis of the Agricultural Machinery Market. Economics. Information technologies, 49(4): 749–766. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-749-766

Введение

В современных условиях санкционного давления, общемировой геополитической и экономической нестабильности, развитие внутреннего (национального) материального производства является первоочередной задачей. Особенно это проявляется в агропромышленном комплексе как со стороны производства продовольствия, так и со стороны материально-технического обеспечения сельскохозяйственных производителей. В сложившихся экономических условиях внутренняя промышленная политика, направленная на восстановление и создание собственного производственного потенциала, основанная на импортозамещении и развитии российской индустрии, является не только актуальной, но и сложной задачей.

На данный момент государство реализует точечные и ситуационные меры поддержки сельскохозяйственных производителей, меры, направленные на финансовую поддержку и цифровую интеграцию АПК [Общие вопросы...]. Исследование современных проблем государственного регулирования промышленного развития АПК показало низкую эффективность используемых в управлении инструментов. Во-первых, несмотря на рост ключевых показателей предприятий сельскохозяйственного машиностроения, в целом тенденция его развития рассматривается как «стагнирующая деградация» [Мартыненко, 2020]. Во-вторых, анализ реализуемой промышленной политики данной отрасли оценивается как несовершенный [Криничная, 2021], имеющий дисбалансы между региональными и федеральными программами, недостаточными целевыми установками [Гончаров, 2021]. Очевидно, что в сложившейся экономической и геополитической ситуации требуется формирование собственной индустриальной базы АПК и нового подхода к выработке промышленной политики. И в этом случае необходимо обратить внимание на значимость отраслевого динамического анализа, который позволяет сделать выбор в пользу наиболее эффективных инструментов поддержки и развития отрасли в рамках селективной промышленной политики.

Цель исследования – разработка методического инструментария динамического отраслевого анализа, позволяющего осуществлять выбор наиболее эффективных¹ инструментов селективной промышленной политики.

Логика реализации поставленной цели раскрывается в последовательности решения следующих задач:

¹ Под эффективностью здесь и далее авторы понимают устойчивый экономический рост.

- выявить приоритетные типы селективной промышленной политики, ее инструменты и обосновать использование отраслевого анализа при оценке их эффективности;
- разработать методический подход оценки эффективности инструментария реализуемой селективной промышленной политики;
- апробировать предложенный подход и провести эмпирический анализ рынка сельскохозяйственного машиностроения.

Типы промышленной политики, инструменты и отраслевой анализ

Выбор инструментов промышленной политики в современных условиях высокой динамики, турбулентности и несистемного кризиса требует обоснованных решений. Этот процесс носит двойственный характер: с одной стороны, государство, делая выбор в пользу той или иной промышленной политики, формирует систему правил, определяющих дальнейшее развитие отраслей [Price, 1981; Cohen, 2006], с другой, современное состояние отдельных отраслей влияет на выбор применяемых инструментов [Розенфельд, 1926; Bianchi, 1993; Coulter, 2022]. Становится актуальным провести обоснование сопоставления видов промышленной политики, используемых инструментов и параметров отраслевого рынка, отражающих динамику и потенциал его развития.

В современной литературе отсутствует единый подход к определению видов промышленной политики на отраслевом уровне. Например, в работе О.В. Иншакова представлены следующие классификационные признаки: уровень государственного регулирования (слабый/сильный); роль изменения структуры промышленности (пассивная/активная); горизонт планирования (краткосрочный/долгосрочный) [Иншаков, 1998]. В работе Ф.Ф. Рыбакова выделены три вида промышленной политики: отраслевая, функциональная и стратегическая [Рыбаков, 2011]. При этом отраслевая предполагает ориентацию на конкретную сферу промышленного производства, например, строительство, транспорт и т.п.; функциональная – на конкретную функциональную область: бюджетная, налоговая, внешнеэкономическая и т.д. Стратегическая промышленная политика определяет долгосрочные приоритеты хозяйственного развития, в ее состав входят: инновационная, инвестиционная и структурная политики.

Наиболее развернутая классификация видов промышленной политики представлена в работе С.В. Ореховой, Н.Ю. Ярошевич [Орехова, Ярошевич, 2017]. Соответствующая целям исследования классификация (по инструментам промышленной политики) была предложена в работе Асадулаева [Асадулаев, 2013]. Автор выделяет горизонтальную и вертикальную промышленную политику. Горизонтальная предполагает использование общесистемных мер воздействия, направленных на создание общих для всех отраслей и предприятий условий развития, которые равномерно влияют на все субъекты рынка. Вертикальная промышленная политика предполагает нацеленное влияние на определенные группы субъектов рынка.

Эксперты Высшей школы экономики выделяют три типа промышленной политики: структурную, горизонтальную и новую [Инструменты промышленной политики]. Структурная (или селективная) ориентирована на поддержку отдельных отраслей и предприятий; горизонтальная предполагает развитие конкуренции, человеческого потенциала и снижение административных барьеров; новая – объединяет положительные эффекты двух предыдущих. Немного иная классификация предложена в работе К. Варвика [Warwick, 2013]. Он рассматривает два типа промышленной политики: горизонтальную и селективную. Если горизонтальная ориентирована на формирование благоприятной внешней среды, то селективная, направленная на устойчивое развитие отдельных отраслей, представляет собой сочетание реактивной и стратегической политики. И если объединять эти две классификации, то стратегическая (в интерпретации К. Варвика) и новая (экспертов ВШЭ) будут идентичны. Именно стратегическая промышленная политика предполагает поддержку промышленности в период кризисов, высокой турбулентности внешней среды, например, в результате нарушения глобальных производственно-сбытовых цепочек; развитие отраслей с активной конкуренцией и инновациями, кон-

курентными преимуществами на мировых рынках [Livesey, 2012; Flanagan, Uyara, Wanzenbook, 2022; Herrendorf, Valentinyi, 2022]. Таким образом, наблюдается тенденция перехода к более конкретным, с одной стороны, и стратегическим, с другой, инструментам промышленной политики (табл. 1). При этом их выбор не может строиться в отрыве от анализа потенциала и динамики развития отраслей промышленности [Wang, 2022; Flam, Helpman, 1987].

Таблица 1
Table 1

Инструменты селективной промышленной политики
 Instruments of selective industrial policy

Направления	Реактивные	Стратегические
Институты	Определение национальных чемпионов Регулирование рынка труда Национализация/приватизация Системы лицензирования/сертификации Снижение административных барьеров	Развитие территориальных производственных и инфраструктурных кластеров Форсайт-инициативы Целенаправленная политика в области образования Развитие малого и среднего предпринимательства Антимонопольное регулирование
Налоги и субсидии	Целевое финансирование Субсидирование производства и затрат	Льготные системы налогообложения в НИОКР Стимулирование внутренних инвестиций Косвенное налогообложение
Технологии	Выборочное финансирование технологий Государственные закупки	Патентное администрирование Развитие отраслевых НИОКР

Представленная типология инструментов селективной промышленной политики отражает переход к сложным, системным и косвенным инструментам. Стратегическая (новая) промышленная политика ориентирована на поддержание и стимулирование устойчивого экономического роста в условиях турбулентности внешней среды [Колончин и др., 2022; Савченко, 2022; LPL, 2021].

В современной практике отсутствуют методические инструменты оценки эффективности использования инструментов промышленной политики в части оценки устойчивого роста отдельных отраслей. Так, в Федеральном законе № 488-ФЗ от 31.12.2014 (в ред от 01.05.2022) «О промышленной политике в Российской Федерации» просто отсутствуют количественные критерии осуществления промышленной политики и эффективности оказания поддержки различным отраслям. Происходит своего рода «назначение конкретных «приоритетных» отраслей и национальных «чемпионов», как правило, без экономического анализа» [Идрисов, 2016]. А в условиях политики импортозамещения [Постановление Правительства, 2021], где цели развития носят скорее политический характер и слабо обоснованы, использование элементов экономического анализа отсутствует вообще. Так, анализ практики промышленной политики, представленный в исследовании Г.И. Идрисова, показал, что российская промышленная политика не имеет теоретической платформы и методологии, является ситуативной, что приводит к повышению рисков развития отечественного машиностроения, требующего долгосрочных инвестиций, и формирует устойчивый механизм рентоориентированного поведения, препятствующий экономическому развитию страны [Идрисов, 2016].

Авторский опыт использования методологии отраслевого анализа для оценки структурных, динамических, инновационных аспектов развития позволяет рекомендовать и разработать методический подход оценки эффективности инструментов селективной промышленной политики [Орехова., Ярошевич, 2017; Ярошевич, 2021]. Преимущество отраслевого анализа заключается в его системности и адаптивности под цели экономического анализа; широте и глубине возможного приложения и интерпретации. [Голлай, 2015; Когденко, 2019; Кулагина, 2012; Сафиуллин, 2009; Levy, 1990]. Отраслевой анализ описывает не только структуру, но и присутствующий экономический рост отдельных отраслей [Когденко, 2019; Сафиуллин, 2009; Парахина и др., 2022; Aghion et al., 2015]. Такой подход позволяет обеспечить формирование селективной промышленной политики в соответствии со структурой и уровнем развития конкуренции отраслей. Так, В.Г. Когденко отмечает, что анализ дает характеристику отраслевой среды и во многом определяется особенностями сектора экономики: «для первичного сектора (добывающая промышленность, сельское хозяйство), ключевыми отраслевыми факторами являются факторы внутриотраслевой конкуренции и рыночной силы покупателей» [Когденко, 2019].

Таким образом, становится важным разработать и предложить методический подход к выбору инструментария селективной промышленной политики, оперируя параметрами отраслевого рынка. Современный опыт использования показателей отраслевого анализа для разных целей позволяет авторам выделить базовые параметры рынка, динамика которых может отражать результаты использования инструментов реализуемой промышленной политики.

Методический подход к выбору инструментов селективной промышленной политики

В основе предлагаемого авторами методического подхода лежит сочетание динамического отраслевого и нормативного анализа. Целью проводимого анализа должна стать оценка эффективности развития отраслевого рынка в рамках реализуемой селективной промышленной политики.

Для этого методический подход разобьем на ряд последовательных этапов.

На первом этапе необходимо определить временной лаг проводимого анализа. Для оценки эффектов реализации тех или иных инструментов промышленной политики временной лаг должен быть значительным и составлять более 3 лет.

На втором этапе необходимо провести отбор и анализ динамических показателей.

Методика динамического отраслевого анализа представлена в работе Ярошевич Н.Ю., Благодатских В.Г. [Ярошевич, Благодатских, 2017]. Адаптируем ее под цели нашего исследования.

Для выявления динамики и тенденций развития отраслевой структуры будем использовать динамические показатели концентрации и высоты барьера входа.

В качестве показателей концентрации рассчитаем динамическое значение коэффициента концентрации и индекса Херфиндаля-Хиршмана.

Динамическое значение коэффициента концентрации будет иметь следующий вид:

$$D_{CR_k} = \frac{\sum_{i=1}^n d_{it} - \sum_{i=1}^n d_{it-1}}{\sum_{i=1}^n d_{it-1}}, \quad (1)$$

где d_{it} – доля продаж i -фирмы в соответствующий период времени t . Показатель рассчитывается только для крупнейших фирм (чаще для 3) и, несмотря на простоту расчетов, является достаточно объемным для интерпретации. Так, его значения позволяют классифицировать

рынок, определить границы олигополии, отследить динамику развития конкуренции. Положительное значение показателя отражает рост консолидации и монополизации отрасли, снижение уровня конкуренции, отрицательное значение – обратный эффект.

Структурным показателем отраслевого анализа является широко известный индекс Херфиндаля – Хиршмана. Динамическое значение этого показателя рассчитывается по формуле:

$$D_{HHI} = \frac{\sum_{i=1}^n s_{it}^2 - \sum_{i=1}^n s_{it-1}^2}{\sum_{i=1}^n s_{it-1}^2}, \quad (2)$$

где s_{it}^2 – квадрат рыночной доли фирмы соответствующего периода.

Использование динамического индекса Херфиндаля – Хиршмана позволяет быстро оценить любые внутриотраслевые изменения и их устойчивость. Положительное значение отражает рост концентрации отрасли, отрицательное, соответственно, снижение. Но данный показатель не отражает целостной картины развития отрасли. Дополним его расчетом динамического показателя преимущества в издержках отражающего изменения высоты барьеров входа на исследуемый отраслевой рынок.

Показатель преимущества в издержках рассчитывается по следующей формуле:

$$I_c = \frac{\frac{AV_i}{СЧ_i}}{\frac{AV_j}{СЧ_j}}, \quad (3)$$

где AV_i – величина добавленной стоимости крупнейшего предприятия, $СЧ_i$ – списочная численность персонала крупнейшего предприятия, AV_j – средняя величина добавленной стоимости и $СЧ_j$ – списочная численность мелкого предприятия в отрасли.

Показатель преимущества в издержках имеет глубокий экономический смысл и может трактоваться достаточно широко [Ярошевич, 2019]. Его критическое значение находится выше 1,25, что говорит о высоких технологических барьерах в отрасли, присутствии эффекта от масштаба, значительной склонности отрасли к монополизации. Для оценки тенденции развития отрасли интересна не только текущая оценка показателя, но и его динамика.

Динамическое значение показателя можно рассчитать по формуле:

$$D_{I_c} = \frac{I_{ct} - I_{ct-1}}{I_{ct-1}}, \quad (4)$$

где I_{ct} – значение показателя преимущества в издержках, рассчитанного за соответствующий период t . При этом вектора обоих структурных показателей должны быть сопоставлены. Так, существенный рост показателя преимущества в издержках относительно динамического показателя концентрации будет говорить о наличии в отрасли структурной асимметрии, имеющей искусственный (нерыночный) характер.

Оценить уровень развития конкуренции в отрасли можно используя динамические показатели монопольной власти и турбулентности. В качестве показателя оценки уровня монопольной власти будем использовать отраслевое значение индекса Лернера.

Рассчитывать динамическое отраслевое значение монопольной власти будем по следующей формуле:

$$D_L = \frac{\bar{L}_t - \bar{L}_{t-1}}{\bar{L}_{t-1}}, \quad (5)$$

где \bar{L} – отраслевое значение индекса Лернера, рассчитанное за соответствующий период. Высокие значения индекса Лернера и его положительная динамика совместно с отрицательной динамикой показателей концентрации будут говорить о развитии конкуренции; сопоставленность развития показателей с низкой динамикой роста будет говорить об отсутствии конкурентных взаимодействий на отраслевом рынке.

Наиболее емким показателем, отражающим уровень интенсивности развития конкуренции на отраслевом рынке, является показатель турбулентности. Данный показатель уже является динамическим и отражает изменения за анализируемый период:

$$TI_{[T_1, T_n]} = 1 - \frac{MS_{T_n}^{LT_1}}{MS_{T_n}^{ENIT_n} + MS_{T_n}^{LT_1}}, \quad (6)$$

где TI – показатель турбулентности; T_1, T_n – анализируемый период времени отраслевого рынка, для которого проводится исследование; $MS_{T_n}^{LT_1}$ – кумулятивная рыночная доля крупнейших фирм в период времени T_1 , оставшихся в списке лидеров данного рынка на период T_n ; $MS_{T_n}^{ENIT_n}$ – кумулятивная рыночная доля крупнейших фирм, вновь вошедших на рынок к периоду T_n . Количество крупнейших фирм в отрасли, включаемых в расчет, может быть первые пять, восемь, десять. Значения показателя находятся в интервале от 0 до 1. При стремлении значения показателя к 0 развитие конкуренции в отрасли отсутствует, структура рынка стабильна, состав лидеров отрасли не меняется. При значениях показателя близких к 1 в отрасли развивается конкуренция, такой рынок привлекателен для инвесторов и открыт для входа новых фирм.

Использование комплекса представленных показателей отраслевого анализа позволяет в полной мере оценить динамику развития отрасли и эффективность используемых мер.

Следующим логическим этапом (третьим) предлагаемого методического подхода является нормативный, проводимый за анализируемый период. Изучение нормативных документов на федеральном и отраслевом уровне позволяет в полной мере выявить весь комплекс инструментария промышленной политики, реализуемой на данном отраслевом рынке, определить ее тип. А проведенное сопоставление показателей отраслевой динамики и реализуемых инструментов позволяет оценить их эффективность, присутствие (отсутствии) устойчивого экономического роста.

В качестве апробации предложенного подхода предлагаем использовать кейс отрасли сельскохозяйственного машиностроения.

Выбор приоритетных инструментов селективной промышленной политики в отрасли сельхозмашиностроения.

Высокая значимость отрасли сельскохозяйственного машиностроения в обеспечении продовольственной безопасности страны, экспорта сельскохозяйственной продукции на мировые рынки определяет особое внимание Правительства РФ в выборе инструментов промышленной политики в отношении нее. При этом предприятия отрасли выпускают широкий ассортимент конечной и технологичной продукции (в части экологизации и рекультивации земель), что формирует необходимость ориентироваться на долгосрочные цели ее развития и актуализирует вопросы выбора эффективных инструментов селективной промышленной политики.

Следуя предложенному методическому подходу, на первом этапе выбираем глубину проводимого анализа. Глубина выборки будет составлять 10 лет: с 2010 по 2020 год. Глубина выборки позволяет в полной мере выявить и оценить значимые для анализа особенности и тенденции развития отраслевого рынка, оценить отложенные во времени эффекты принимаемых мер промышленной политики.

Источником информации для анализа является база данных Интерфакс – СПАРК. Отраслевой рынок сельхоз машиностроения представлен продуктовыми границами кода ОКВЭД 28.30 и насчитывает порядка 628 производственных и действующих в 2020 году предприятий.

В рамках реализации второго этапа проведем динамический анализ отраслевого рынка сельскохозяйственного машиностроения.

Представим динамический анализ показателей концентрации отрасли в таблице 2.

Таблица 2
 Table 2

Динамический анализ показателей концентрации отрасли за период 2010–2020 года
 A dynamic analysis of the industry concentration indicators for the period 2010–2020

Год	Количество компаний в отрасли	Тпр количества компаний в отрасли	CR ₃	D _{CR3}	ННИ	D _{ННИ}
2010	142	–	40,6	–	1185	–
2011	182	0,28	41,2	0,01	1240	0,05
2012	224	0,25	40,7	-0,01	1325	0,01
2013	258	0,15	42,1	0,03	1354	0,02
2014	287	0,11	43,4	0,03	1375	0,01
2015	316	0,10	43,9	0,01	1380	0,01
2016	408	0,29	43,8	-0,01	1373	-0,01
2017	488	0,2	43,5	-0,01	1328	-0,03
2018	535	0,1	43,6	0,01	1352	0,02
2019	556	0,04	40,0	-0,08	1150	-0,15
2020	628	0,13	42,5	0,06	1270	0,1

Проведенный динамический анализ показателей концентрации показывает существенный рост количества компаний в отрасли за рассматриваемый период. Начиная с 2010 года структурно рынок не меняется: три компании формируют около 40 % объемов продаж отрасли. Анализируемый рынок можно описать как жесткую олигополию, склонную к монополизации. Низкая динамика показателей в анализируемом периоде говорит о сложившейся структуре и низкой интенсивности конкуренции.

Подтвердим эти выводы анализом уровня высоты барьеров входа и представим расчет показателя преимущества в издержках в динамике за период с 2010 по 2020 гг. (табл. 3).

Таблица 3
 Table 3

Динамический анализ показателя преимущества в издержках
 A dynamic analysis of the cost advantage indicator

Год	I _c	D _{Ic}
2010	1,3	–
2011	2,4	0,84
2012	3,2	0,33
2013	3,7	0,15
2014	4,2	0,13
2015	5,6	0,33
2016	17,4	2,1
2017	15,4	-0,11
2018	3,8	-0,75
2019	2,5	-0,34
2020	3,1	0,19

Проведенный анализ показал наличие высоких барьеров входа, что связано с технологическими особенностями производства, требующими существенных капиталовложений в отрасль, наличием эффекта от масштаба. Наблюдаются существенные колебания значений в период 2016, 2017 года, что говорит о существовании нерыночной асимметрии.

Далее проведем анализ показателя монопольной власти. Для это рассчитаем отраслевой индекс Лернера (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Динамический анализ монопольной власти в отрасли за период 2010-2020 гг.
A dynamic analysis of monopoly power in the industry for the period 2010-2020

Год	Отраслевое значение	Динамическое значение
2010	0,02	–
2011	0,04	1
2012	0,02	-1
2013	0,06	2
2014	0,04	-0,03
2015	0,04	1
2016	0,2	4
2017	0,1	-0,5
2018	0,04	-0,6
2019	0,06	0,5
2020	0,08	0,33

Индекс Лернера имеет низкие значения и отрицательную динамику (около нуля). Его низкие значения подтверждают вывод об отсутствии конкуренции в отрасли, низком уровне использования маркетинговых инструментов работы с потребителями сельскохозяйственного машиностроения, стагнирующем состоянии отрасли.

И последним показателем, отражающим уровень и потенциал развития конкуренции в отрасли, является показатель турбулентности. Рассчитаем его для 10 крупнейших компаний в отрасли. Проанализируем его, а результаты представим в таблице 5.

Таблица 5
Table 5

Анализ турбулентности рынка сельхозмашиностроения
Analysis of agricultural machinery market turbulence

Год	Турбулентность рынка
2010	0,21
2011	0,16
2012	0,12
2013	0,26
2014	0,31
2015	0,24
2016	0,18
2017	0,20
2018	0,14
2019	0,28
2020	0,32

Низкие значения показателя турбулентности рынка также подтверждают вывод о сложившейся структуре рынка: сменяемость лидеров рынка не происходит, наблюдается низкий уровень развития конкуренции на протяжении всего анализируемого периода.

Представим итоги динамического отраслевого анализа рынка сельхозмашиностроения в виде графика (рис. 1). Графики показателей отражают общие тренды. Мы наблюдаем незначительный рост показателей в 2016 году при достаточно низких значениях за весь анализируемый период. Общий тренд развития отрасли можно описать как стагнацию.

Комплексная оценка представленных показателей позволяет нам констатировать отсутствие рыночных, конкурентных механизмов его развития и низкий потенциал его рыночного развития, что должно существенно повлиять на выбор инструментов селективной промышленной политики.

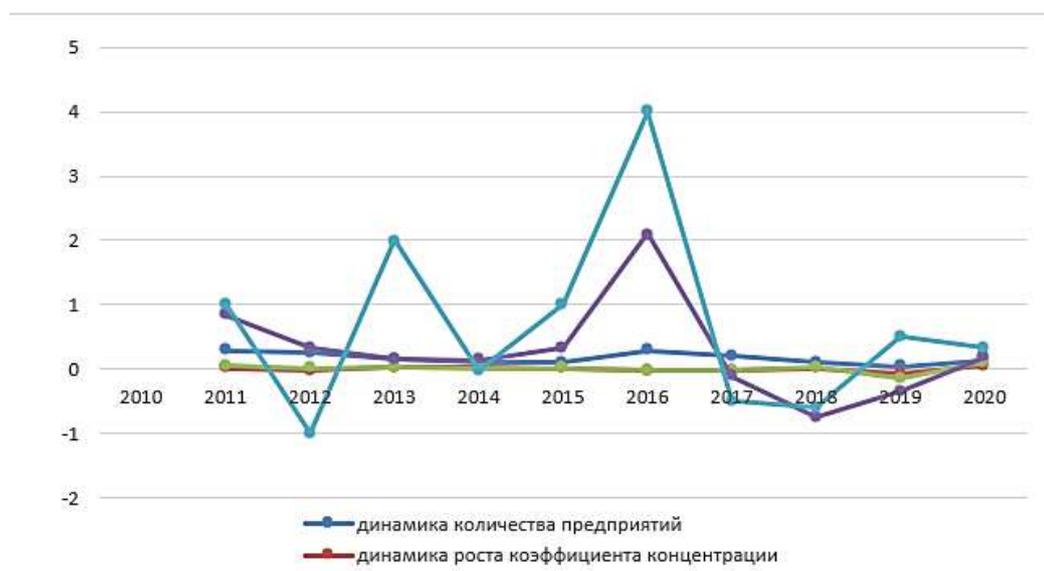


Рис. 1. Динамический анализ показателей отраслевого рынка сельскохозяйственного машиностроения
 Figure 1. A dynamic analysis of the indicators of the agricultural machinery industry market

Следуя логике предлагаемого методического подхода, проведем нормативный анализ документов, отражающих проводимую селективную промышленную политику на рынке сельскохозяйственного машиностроения. Нормативный анализ документов проводился с 2010 года и представлен в таблице 6.

Таблица 6
 Table 6

Динамический нормативный анализ реализации селективной промышленной политики на рынке сельскохозяйственного машиностроения
 A dynamic regulatory analysis of the implementation of selective industrial policy in the agricultural machinery market

Период действия документа	Формат документа	Документ	Инструменты
С 2011 г. по 2017 г.	Отраслевая стратегия	Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2020 года, утвержденная приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 22 декабря 2011 г. № 1810	Прямое субсидирование производства, субсидирование затрат на НИОКР, субсидирование транспортных затрат на экспорт

Продолжение табл. 6

Период действия документа	Формат документа	Документ	Инструменты
С 2012 г. по н.в. (последнее изменение 10 февраля 2022 г)	Постановление Правительства	Постановление Правительства РФ №1432 от 27.12.2012 «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники»	Субсидировании процентных ставок по кредитам и установке заградительных пошлин на импорт
С 2013 г. по 1 января 2020 г.	Постановление Правительства	Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2013 г. № 1312 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на компенсацию части затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по приоритетным направлениям гражданской промышленности в рамках реализации такими организациями комплексных инвестиционных проектов»	Субсидирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
С 2014 г. по настоящее время	Федеральный закон	Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31.12.2014 N 488-ФЗ	Субсидии, информационные услуги, подготовка кадров, формирование институтов ГЧП (государственно-частного партнерства), координация деятельности участников рынка (заявленные)
С 2014 г. по н.в.	Федеральный проект в рамках государственной программы	Государственная программа Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» в части федерального проекта «Развитие сельскохозяйственного машиностроения, специализированного машиностроения, машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности» Утверждена постановлением Правительства от 15 апреля 2014 года №328.	Субсидирование займов, прямое субсидирование, субсидирование затрат на транспортировку.
С 2014 г. по н.в. (последняя редакция) 19.04.2021 г.	Постановление Правительства	Постановление Правительства Российской Федерации от 3 января 2014 г. № 3 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на компенсацию части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях в 2014–2016 годах на реализацию новых комплексных инвестиционных проектов по приоритетным направлениям гражданской промышленности»	Льготное финансирование инвестиционных проектов по линии Фонда развития промышленности

Продолжение табл. 6

Период действия документа	Формат документа	Документ	Инструменты
С 2016 г. по 2018 г	Постановление Правительства	Постановление Правительства Российской Федерации от 16 мая 2016 г. № 416 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским производителям на компенсацию части затрат, связанных с выпуском и поддержкой гарантийных обязательств в отношении высокопроизводительной самоходной и прицепной техники»	Субсидирование затрат на выпуск
С 2016 г. по 2018	Постановление Правительства	Постановление Правительства Российской Федерации от 16 мая 2016 г. № 420 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским производителям самоходной и прицепной техники на компенсацию части затрат на использование энергоресурсов энергоемкими предприятиями»	Субсидирование части затрат
С 2016 г. по 2018	Постановление Правительства	Постановление Правительства Российской Федерации от 16 мая 2016 г. № 418 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским производителям самоходной и прицепной техники на компенсацию части затрат на содержание рабочих мест»	Субсидирование части затрат
С 2017 г. по н.в.	Отраслевая стратегия	Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 07 июля 2017 г. № 1455-р	Прямое субсидирование производства, субсидирование затрат на НИОКР, субсидирование транспортных затрат на экспорт
С 2017 г. по н.в. (изменения 4 июля 2022 г.)	Постановление Правительства	Постановление Правительства РФ от 26 апреля 2017 г. N 496 «О государственной поддержке российских организаций промышленности гражданского назначения в целях снижения затрат на транспортировку продукции»	Субсидирование затрат на транспортировку продукции
С 2017 г. по н.в.	Отраслевая стратегия	Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 07 июля 2017 г. № 1455-р	Прямое субсидирование производства, субсидирование затрат на НИОКР, субсидирование транспортных затрат на экспорт.
С 2018 г. по н.в. (изменения от 4 июля 2022 г.)	Постановление Правительства	Постановление Правительства РФ № 1269 от 24.10.2018. «О предоставлении субсидий из федерального бюджета производителям специализированной техники и оборудования на возмещение части затрат, понесенных в связи с гарантией обратного выкупа продукции»	Субсидирование части затрат

Окончание табл. 6

Период действия документа	Формат документа	Документ	Инструменты
С 2019 г. по н.в. (изменения 30 марта 2022 г.)	Постановление Правительства	Постановление Правительства РФ от 12 декабря 2019 г. № 1649 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по современным технологиям в рамках реализации такими организациями инновационных проектов и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации»	Субсидирование НИОКР
2022 г.	Постановление Правительства	Постановление от 30 июня 2022 года №1176 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским производителям узлов и агрегатов для колесных транспортных средств и специализированной техники на финансовое обеспечение погашения займов, привлеченных ими в федеральном государственном автономном учреждении "Российский фонд технологического развития»	Субсидии

Представленный нормативный анализ позволяет нам выделить в качестве преобладающего инструментария прямое субсидирование. Данный инструмент представляет самый простой метод государственного регулирования. Соотнесение временных периодов нормативного и отраслевого анализа показывают отсутствие структурных сдвигов в отрасли, в части развития конкуренции, потенциале рыночных механизмов координации рынка, росте его эффективности (устойчивый рост в отрасли отсутствует), что позволяет говорить о низкой эффективности используемого инструмента промышленной политики.

Обобщая проведенный анализ, мы наблюдаем следующие тенденции.

Во-первых, преобладание инструментов прямого субсидирования деятельности предприятий отрасли, которое существенно снижает эффективность рыночной координации, – конкурентная борьба за потребителя (качество продукции, развитие инноваций, ценообразование, ориентированное на спрос, формирование длинных и сложных контрактов) подменяется конкуренцией за субсидии. Согласно [Правительство переведет поддержку] со стороны отрасли усилились жалобы на то, что субсидии достаются крупным игрокам, а правила их выделения часто меняются.

Во-вторых, проводимые меры носят временный характер, имеют тенденцию быстро «затухать». Так, по данным экспертов рынка в 2011 году наблюдается существенный рост объемов производства, почти в два раза [Рыкова, Метелькова, 2016], но уже с 2012 года темпы роста объемов производства начинают падать за последующие 3 года на 10%. А дальше мы наблюдаем несущественные колебания. При том, что объем субсидий в отрасль по Постановлению Правительства 1432 с 2013 года существенно вырос [Рынок сельскохозяйственных машин, 2019]. Наш анализ не показал существенного роста рынка, структурных изменений в результате на рынке не произошло.

В-третьих, используемые инструменты становятся своего рода «ловушкой» для рынка и реализуемой промышленной политики, что приводит к полному отсутствию рыночных механизмов с одной стороны, с другой – к существенному снижению эффективности мер государственной политики. Такой отраслевой рынок можно отнести к «квазирынку», а инструменты реализуемой промышленной политики отнести к реакционному типу.

Таким образом, мы наблюдаем своего рода «системную ловушку», когда с одной стороны государство реализует активную политику поддержки, а в итоге «убивает» эффективность рынка в потенциально конкурентной отрасли. Это влечет за собой еще большие затраты бюджета при снижающейся эффективности. Решение этой проблемы лежит в плоскости выбора иных (принципиально противоположных) инструментов реализации промышленной политики.

Обращаясь к представленной классификации (табл. 1), реализуемая промышленная политика должна быть ориентирована на стратегический тип промышленной политики (или новой промышленной политики). Соответственно, используемые инструменты должны носить скорее косвенный, но системный и институциональный характер, быть направлены на снижение барьеров входа, что приведет к росту количества предприятий, особенно в части развития малого и среднего бизнеса. Формирование механизма льготного налогообложения предприятий с высокой долей расходов на инновации будет стимулировать предприятия проводить технологическую и цифровую модернизацию производства, выпускать технику, адаптированную под современные стандарты рекультивации земель и защиты окружающей среды, формировать институты промышленной кооперации в рамках производственных цепочек, искать современные формы взаимодействия с конечным потребителем и многое другое.

Заключение

Выбор приоритетов промышленной политики в условиях турбулентности внешней среды требует обоснованных и взвешенных решений, а цели промышленной политики ориентированы на долгосрочную перспективу. Какой должна быть промышленная политика сегодня, чтобы обеспечить устойчивый рост завтра? Поиск ответа на этот вопрос лежит в двух плоскостях: в методологической – со стороны научного сообщества, и практической – со стороны органов государственного регулирования.

Сложность и многогранность понятия промышленной политики, разнообразие ее видов, целевых установок, используемого инструментария приводит к необходимости принятия быстрых и обоснованных решений. Это возможно только при наличии готовых и простых алгоритмов анализа и принятия решений.

Предложенный авторами методический подход представляет собой сочетание динамического отраслевого и нормативного анализа, позволяющего оценить влияние инструментов промышленной политики на устойчивый рост в отрасли. Преимуществами подхода является не только глубина анализа, но и оценка структурных и конкурентных параметров рынка, устойчивости отраслевого роста.

Данный методический подход может быть интересен экспертам и аналитикам отраслевых рынков, государственным органам управления в рамках принятия решений по выбору инструментария стратегической промышленной политики. Он может быть дополнен в части анализа смежных отраслей, выявления ключевых драйверов развития в производственных цепочках.

Список источников

Инструменты промышленной политики в отраслях, смежных с пострадавшими в пандемию коронавирусной инфекции. URL: <https://icpmr.hse.ru/news/358150254.html> (дата обращения 20.08.2022).

- Правительство переведет поддержку сельхозмашиностроения на новые правила. URL: <https://www.gazeta.ru/business/2019/05/31/12385603.shtml?updated> (дата обращения 20.08.2022).
- Общие вопросы агропромышленного комплекса. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/40/events/> (дата обращения 20.08.2022).
- Постановление Правительства Российской Федерации от 12.11.2021 г. № 1933 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности"». URL: <http://government.ru/docs/all/137531/> (дата обращения 20.08.2022).
- Рынок сельскохозяйственных машин – 2019. <https://dcenter.hse.ru/data/2019/12/23/1525051005.pdf> (дата обращения 20.08.2022).

Список литературы

- Асадулаев Ш. З. 2013. Промышленная политика как элемент экономической политики. Вестник Дагестанского научного центра РАН, 51: 175-180
- Голлай И.Н. 2015. Теоретико-методические аспекты комплексного экономического анализа отраслевых рынков. Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент», 9(4): 26–33. DOI: 10.14529/em090404
- Гончаров А.А. 2021. Анализ выполнения целевых программ в решении проблемы технического перевооружения сельского хозяйства. Агроинженерия, 4(104): 53–58. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-4-53-58
- Идрисов Г.И. Промышленная политика России в современных условиях. М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2016. – 160 с.
- Иншаков О.В. 1998. Сущность и особенности промышленной политики России в современных условиях. Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология, 3: 6-12.
- Когденко В.Г. 2019. Развитие методики отраслевого анализа на основе Гарвардской парадигмы. Экономический анализ: теория и практика, 10 (493): 1847-1880. DOI 10.24891/ea.18.10.1847.
- Колончин К.В., Бетин О.И., Рудащевский В.Д., Мухамедова Т.О. 2022. Платформенная модель реализации приоритетов мобилизационной экономической политики в рыбохозяйственном комплексе России. АПК: Экономика, управление, 7: 31-40. DOI: 10.33305/227-31
- Криничная Е.П. 2021. Детерминантные проблемы развития сельского хозяйства в России. Вестник аграрной науки, 2(89): 137–145. DOI 10.17238/issn2587-666X.2021.2.137.
- Кулагина Н.А. 2012. Отраслевой и конкурентный анализ при разработке стратегии экономической безопасности АПК. АПК: экономика, управление, 2: 14-19.
- Мартыненко О.В. 2020. Конкурентоспособность как источник и фактор эффективности импортозамещения на промышленных рынках. Практический маркетинг, 2(276): 3-13. DOI 10.24411/2071-3762-2020-10007.
- Орехова С. В., Ярошевич Н. Ю. 2017 Конструирование институциональной карты отраслевых рынков. Екатеринбург: изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 167 с.
- Орехова С.В., Ярошевич Н.Ю. 2017. Институциональная организация отраслевых рынков: теория, методика и эмпирический анализ. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика, 16 (265), 43: 60-74.
- Парахина В.Н., Бережная О.В., Гегаева Д.Б. [и др.] 2022. Развитие инструментов отраслевого конкурентного анализа. Вестник Северо-Кавказского федерального университета, 3(90): 107-115. DOI 10.37493/2307-907X.2022.3.14.
- Розенфельд Я.С. 1926. Промышленная политика СССР (1917–1925 гг.). М.; Л.: Плановое хозяйство. 552 с
- Рыбаков Ф.Ф. 2011. Промышленная политика России: история и современность. Спб.: Наука, 189 с.
- Рыкова И.Н., Метелькова Е.О. 2016. Эффективность мер государственной поддержки в области сельскохозяйственного машиностроения. Финансовый журнал, 3: 98-104.
- Савченко Е. С. 2022. Концептуальная модель гармоничной экономики России: проблемы и суждения. АПК: Экономика, управление, 5: 3-6. DOI 10.33305/225-3

- Сафиуллин А. Р. 2009. Теоретические аспекты отраслевой промышленной политики. Вестник Казанского технологического университета, 5: 150-157.
- Ярошевич Н.Ю. 2019. Модель структурирования промышленного рынка машиностроения. Journal of New Economy, 20(3): 101–115.
- Ярошевич Н.Ю. 2021. Оценка динамической конкуренции на рынке производства лекарственных препаратов. Международный научно-исследовательский журнал, 1(103): 55-62.
- Ярошевич Н.Ю., Благодатских В.Г. 2017. Исследование отраслевой структуры рынка промышленной продукции: динамический подход. Journal of New Economy, 6(74): 102-114.
- Aghion P., Cai J., Dewatripont M., Du L., Harrison A., Legros P. 2015. Industrial policy and competition. American Economic Journal: Macroeconomics, 7(4): 1-32.
- Bianchi P. 1993. Journal of Industry Studies: Industrial Policy: The New European Perspective. Journal of Industry Studies, 1(1): 16-29.
- Cohen E. 2006. Theoretical foundations of industrial policy. EIB papers, 11(1): 84-106.
- Coulte, S. 2022. Industrial Policies or Industrial Strategy: The Difficulty of Enacting Long-Term Supply-Side Reform in the UK. The Political Quarterly, 93(2). DOI: 10.1111/1467-923x.13128
- Flam H., Helpman E. 1987. Industrial policy under monopolistic competition. Journal of International Economics, 22(1-2): 79-102.
- Flanagan K., Uyarra E., Wanzenböck I. 2022. Towards a problem-oriented regional industrial policy: possibilities for public intervention in framing, valuation and market formation. Regional Studies, 1-13.
- Herrendorf B., Valentinyi A. 2022. Endogenous sector-biased technological change and industrial policy. Economic Modelling, 105875.
- Levy B. 1990. Transactions costs, the size of firms and industrial policy: Lessons from a comparative case study of the footwear industry in Korea and Taiwan. Journal of Development economics, 34(1-2): 151-178.
- LILI J. 2021. The Impact and Mechanism of China's Industrial Policy on Enterprise Innovation (Doctoral dissertation, *부경대학교*).
- Livesey F. 2012. Rationales for industrial policy based on industry maturity. Journal of Industry Competition and Trade, 12: 349–363.
- Price V. C. 1981. Industrial policies in the European Community. – Springer, 1981.
- Wang C. 2022. Industrial Policy and Growth: Micro-Econometric Evidence from the Chinese Land Market. Available at SSRN 4055947.
- Warwick K. 2013. Beyond Industrial Policy: Emerging Issues and New Trends. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 2, OECD Publishing, Paris.

References

- Asadulaev Sh. Z. 2013. Promyshlennaya politika kak element ekonomicheskoy politiki [Industrial policy as an element of economic policy]. Vestnik Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN, 51: 175-180
- Gollay I.N. 2015. Teoretiko-metodicheskie aspekty kompleksnogo ekonomicheskogo analiza otraslevykh rynkov [Theoretical and methodological aspects of complex economic analysis of industry markets]. Vestnik YuUrGU. Seriya «Ekonomika i menedzhment», 9(4): 26–33. DOI: 10.14529/em090404
- Goncharov A.A. 2021. Analiz vypolneniya tselevykh programm v reshenii problemy tekhnicheskogo perevooruzheniya sel'skogo khozyaystva [Analysis of the implementation of target programs in solving the problem of technical re-equipment of agriculture]. Agroinzheneriya, 4(104): 53–58. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-4-53-58
- Idrisov G.I. Promyshlennaya politika Rossii v sovremennykh usloviyakh [Industrial policy of Russia in modern conditions]. M.: Izd-vo In-ta Gaydara, 2016. – 160 s.
- Inshakov O. V. 1998. Sushchnost' i osobennosti promyshlennoy politiki Rossii v sovremennykh usloviyakh [The essence and features of Russia's industrial policy in modern conditions]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ekonomika. Ekologiya, 3: 6-12.
- Kogdenko V.G. 2019. Razvitie metodiki otraslevogo analiza na osnove Garvardskoy paradigm [Development of the methodology of industry analysis based on the Harvard paradigm]. Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika, 10 (493): 1847-1880. DOI 10.24891/ea.18.10.1847.
- Kolonchin K.V., Betin O.I., Rudashevskiy V.D., Mukhamedova T.O. 2022. Platformennaya model' realizatsii prioritetov mobilizatsionnoy ekonomicheskoy politiki v rybokhozyaystvennom komplekse Rossii

- [Platform model of implementation of priorities of mobilization economic policy in the Russian fisheries complex]. *APK: Ekonomika, upravlenie*, 7: 31-40. DOI: 10.33305/227-31
- Krinichnaya E.P. 2021. Determinantnye problemy razvitiya sel'skogo khozyaystva v Rossii [Determinant problems of agricultural development in Russia]. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2(89): 137–145. DOI 10.17238/issn2587-666X.2021.2.137.
- Kulagina N.A. 2012. Otrasevoy i konkurentnyy analiz pri razrabotke strategii ekonomicheskoy bezopasnosti APK [Industry and competitive analysis in the development of the agribusiness economic security strategy]. *APK: ekonomika, upravlenie*, 2: 14-19.
- Martynenko O.V. 2020. Konkurentosposobnost' kak istochnik i faktor effektivnosti importozameshcheniya na promyshlennykh rynkakh [Competitiveness as a source and factor of efficiency of import substitution in industrial markets]. *Prakticheskiy marketing*, 2(276): 3-13. DOI 10.24411/2071-3762-2020-10007.
- Orekhova S. V., Yaroshevich N. Yu. 2017. Konstruirovaniye institutsional'noy karty otraslevykh rynkov [Designing an institutional map of industry markets]. Ekaterinburg: izd-vo Ural.gos.ekon.un-ta, 167s.
- Orekhova S.V., Yaroshevich N.Yu. 2017. Institutsional'naya organizatsiya otraslevykh rynkov: teoriya, metodika i empiricheskiy analiz [Institutional organization of industry markets: theory, methodology and empirical analysis]. *Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Ekonomika. Informatika*, 16 (265), vyp.43: S. 60-74
- Parakhina V.N., Berezhnaya O.V., Gegaeva D.B. [i dr.] 2022. Razvitie instrumentov otraslevogo konkurentnogo analiza [Development of industry competitive analysis tools]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta*, 3(90): 107-115. DOI 10.37493/2307-907X.2022.3.14.
- Rozenfel'd Ya.S. 1926. Promyshlennaya politika SSSR (1917–1925 gg.) [Industrial Policy of the USSR (1917-1925)]. M.; L.: Planovoe khozyaystvo. 552 s
- Rybakov F.F. 2011. Promyshlennaya politika Rossii: istoriya i sovremennost' [Industrial Policy of Russia: History and Modernity]. Spb.: Nauka, 189 s.
- Rykova I.N., Metel'kova E.O. 2016. Effektivnost' mer gosudarstvennoy podderzhki v oblasti sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya [Effectiveness of state support measures in the field of agricultural engineering]. *Finansovyy zhurnal*, 3: 98-104.
- Savchenko E. S. 2022. Kontseptual'naya model' garmonichnoy ekonomiki Rossii: problemy i suzhdeniya [The conceptual model of the harmonious economy of Russia: problems and judgments]. *APK: Ekonomika, upravlenie*, 5: 3-6. DOI 10.33305/225-3
- Safiullin A. R. 2009. Teoreticheskie aspekty otraslevoy promyshlennoy politiki [Theoretical aspects of sectoral industrial policy]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 5: 150-157
- Yaroshevich N.Yu. 2019. Model' strukturirovaniya promyshlennogo rynka mashinostroeniya [Model of structuring the industrial market of mechanical engineering]. *Journal of New Economy*. 20(3): 101–115.
- Yaroshevich N.Yu. 2021. Otsenka dinamicheskoy konkurentsii na rynke proizvodstva lekarstvennykh preparatov [Assessment of dynamic competition in the market for the production of medicines]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 1(103): 55-62
- Yaroshevich N.Yu., Blagodatskikh V.G. 2017. Issledovanie otraslevoy struktury rynka promyshlennoy produktsii: dinamicheskiy podkhod [Research of the industry structure of the industrial products market: a dynamic approach]. *Journal of new economy*, 6 (74): 102-114.
- Aghion P., Cai J., Dewatripont M., Du L., Harrison A., Legros P. 2015. Industrial policy and competition. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 7(4): 1-32.
- Bianchi P. 1993. *Journal of Industry Studies: Industrial Policy: The New European Perspective*. *Journal of Industry Studies*, 1(1): 16-29.
- Cohen E. 2006. Theoretical foundations of industrial policy. *EIB papers*, 11(1): 84-106.
- Coulte, S. 2022. Industrial Policies or Industrial Strategy: The Difficulty of Enacting Long-Term Supply-Side Reform in the UK. *The Political Quarterly*.
- Flam H., Helpman E. 1987. Industrial policy under monopolistic competition. *Journal of International Economics*, 22(1-2): 79-102.
- Flanagan K., Uyarra E., Wanzenböck I. 2022. Towards a problem-oriented regional industrial policy: possibilities for public intervention in framing, valuation and market formation. *Regional Studies*, 1-13.
- Herrendorf B., Valentinyi A. 2022. Endogenous sector-biased technological change and industrial policy. *Economic Modelling*, 105875.

- Levy B. 1990. Transactions costs, the size of firms and industrial policy: Lessons from a comparative case study of the footwear industry in Korea and Taiwan. *Journal of Development economics*, 34(1-2): 151-178.
- LILI J. 2021. The Impact and Mechanism of China's Industrial Policy on Enterprise Innovation (Doctoral dissertation, *부경대학교*).
- Livesey F. 2012. Rationales for industrial policy based on industry maturity. *Journal of Industry Competition and Trade*, 12: 349–363
- Price V. C. 1981. *Industrial policies in the European Community*. – Springer, 1981
- Wang C. 2022. *Industrial Policy and Growth: Micro-Econometric Evidence from the Chinese Land Market*. Available at SSRN 4055947.
- Warwick K. 2013. *Beyond Industrial Policy: Emerging Issues and New Trends*. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 2, OECD Publishing, Paris.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ярошевич Наталья Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики предприятий, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Natalya Yu. Yaroshevich, Cand. Sc. (Econ.), Associate Prof., Associate Prof. of Enterprises Economics Dept, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

Комарова Оксана Викторовна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории и корпоративного управления, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Oksana V. Komarova, Cand. Sc. (Econ.), Associate Prof., Associate Prof. of of Economic Theory and Corporate Governance Dept, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ FINANCES OF THE STATE AND ENTERPRISES

УДК 336.02; 338.2

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-767-781

Преодоление бедности пенсионеров и повышение уровня пенсионного обеспечения в России в условиях структурной трансформации российской экономики

Дорофеев М.Л.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
Россия, 125993, г. Москва, ГСП-3, Ленинградский проспект, д. 49
E-mail: dorofeevml@yandex.ru

Аннотация. Целью является обоснование направлений преодоления бедности российских пенсионеров в современных условиях функционирования пенсионной системы. Для достижения цели были поставлены и решены задачи по проведению анализа стратегии долгосрочного развития пенсионной системы России, анализа динамики бедности пенсионеров и относительного уровня эффективности пенсионной системы, систематизация факторов, влияющих на пенсию до и после ее назначения, а также обоснование путей развития пенсионной системы в условиях структурной трансформации российской экономики. Результаты исследования показали снижение показателей эффективности пенсионной системы и отклонение от целей, сформулированных в долгосрочной стратегии развития пенсионной системы, как по методологии Росстата, так и по методологии МОТ. Анализ данных факторов, оказывающих влияние на доходы пенсионеров, показывает, что проблема бедности пенсионеров получает эффективное решение за счет системы федеральных и региональных надбавок, однако в будущем с высокой вероятностью это потребует больших усилий и финансовых ресурсов от бюджетной системы без проведения реформ пенсионной системы. Научной новизной исследования является формирование системного подхода к классификации факторов, оказывающих влияние на уровень доходов пенсионера до и после назначения пенсии. Практическая значимость исследования состоит в обосновании необходимости более динамичного и гибкого реформирования пенсионной системы, на что указывают негативные тренды уровня относительной эффективности пенсионной системы, а также сохраняющейся проблемы бедности. Кроме этого, предлагается продолжать формирование трехуровневой пенсионной системы за счет переориентации финансовой инфраструктуры для развития накопительной составляющей на Восток, преимущественно на финансовый рынок Китая и Гонконга, поскольку товарооборот с этой страной один из самых значительных в структуре внешней торговли России. Кроме этого, юань относительно стабилен и имеет признаки мировой резервной валюты, что принципиально важно для управления длинным пенсионными накоплениями.

Ключевые слова: индексация, пенсии, ПФР, инфляция, индексация пенсий, индекс заработной платы; коэффициент замещения; государственное регулирование экономики.

Для цитирования: Дорофеев М.Л. 2022 Преодоление бедности пенсионеров и повышение уровня пенсионного обеспечения в России в условиях структурной трансформации российской экономики. Экономика. Информатика, 49(4): 767–781. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-767-781

Overcoming Poverty Among Pensioners and Raising the Level of Pension Provision in the Conditions of Structural Reforms in the Russian Economy

Mikhail L. Dorofeev

Financial University under the Government of the Russian Federation,
49 Leningradsky Prospekt, Moscow, 125993, GSP-3, Russia
E-mail: dorofeevml@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study is to justify the directions of overcoming the poverty of Russian pensioners in the modern conditions of the functioning of the pension system. To achieve the goal, tasks were set and solved to analyze the strategy for the long-term development of the pension system of Russia, analyze the dynamics of poverty of pensioners and the relative level of efficiency of the pension system, systematize the factors affecting the pension before and after its appointment, as well as justify the development of the pension system in the context of the structural transformation of the Russian economy. The results of the study showed a decrease in the efficiency indicators of the pension system and a deviation from the goals formulated in the long-term development strategy of the pension system, both according to the Rosstat methodology and according to the ILO methodology. An analysis of these factors that affect the income of pensioners shows that the problem of poverty of pensioners is effectively solved by the system of federal and regional allowances, but in the future, this will most likely require large efforts and financial resources from the budget system without reforming the pension system. The scientific novelty of the study is the formation of a systematic approach to the classification of factors that affect the level of income of a pensioner before and after the appointment of a pension. The practical significance of the study is the justification for the need for a more dynamic and flexible reform of the pension system, as indicated by negative trends in the level of relative effectiveness of the pension system and also the continuing problem of poverty. In addition, it is proposed to continue the formation of a three-level pension system by reorienting the financial infrastructure for the development of the funded component to the East, mainly to the financial market of China and Hong Kong, since trade with this country is one of the most significant in the structure of foreign trade in Russia. In addition, the yuan is relatively stable and has signs of a global reserve currency, which is fundamentally important for managing long pension savings.

Keywords: indexation, pensions, PFR, inflation, indexation of pensions, salary index; replacement rate; state regulation of the economy

For citation: Dorofeev M.L. 2022. Overcoming Poverty Among Pensioners and Raising the Level of Pension Provision in the Conditions of Structural Reforms in the Russian Economy. Economics. Information technologies, 49(4): 767–781. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-767-781

Введение

Процесс реформирования пенсионных систем в разных странах мира – достаточно заметное явление, развивающееся под влиянием объективных внутренних и внешних факторов [Pensions at a Glance, 2021]. Среди внутренних факторов выделяют старение населения, естественную убыль населения, изменение структуры рынка труда, сохраняющиеся дисбалансы бюджетов, неэффективное управление ресурсами пенсионной системы и пр. [Седова, 2018]. К актуальным внешним проблемам развития пенсионной системы следует отнести последствия создания условий международной изоляции России (в широком смысле) со стороны стран большой семерки после февраля 2022 г. Введенные санкции, предполагающие сохранение долгосрочной торговой, экономической и финансовой блокады России, с высокой вероятностью негативно повлияют на будущие темпы экономического роста, поступления бюджетной системы и размер дефицита бюджета ПФР, динамику

доли теневой экономики и перспективы развития накопительной составляющей в трехуровневой пенсионной системе², которую несмотря ни на что продолжает строить Российская Федерация в соответствии со Стратегией долгосрочного развития пенсионной системы до 2030 г. (далее Стратегия) [Стратегия развития до 2030 г.].

Целью данной работы является обоснование направлений преодоления бедности российских пенсионеров в современных условиях функционирования пенсионной системы. Для этого проведен анализ динамики уровня пенсионного обеспечения и дана оценка возможностей достижения пенсионной системой ключевых показателей Стратегии с учетом текущих изменений в российской экономике; выявлены и классифицированы факторы, оказывающие влияние на доходы пенсионера; обоснованы наиболее приоритетные пути преодоления бедности российских пенсионеров в условиях структурной трансформации экономики.

Материалы и методы

Для формирования визуализации дорожной карты реформирования пенсионной системы проведен анализ стратегических документов долгосрочного социально-экономического развития, среди которых опорным является Стратегия.

В настоящем исследовании используются официальные данные Росстата, на основании которых проведен коэффициентный анализ относительной эффективности пенсионной системы России. Для этого используется коэффициент замещения утраченного заработка пенсионера, рассчитываемый как соотношение средней назначенной пенсии и средней начисленной заработной платы.

В работе введены понятия базового (минимального) и дополнительного (среднего и высокодоходного) пенсионного обеспечения. Под минимальным пенсионным обеспечением мы понимаем уровень доходов пенсионера, покрывающий прожиточный минимум пенсионера по региону. Фактически, это значение является границей бедности пенсионеров по текущей методологии Росстата. Ликвидация бедности пенсионеров является одной из наиболее приоритетных задач по развитию и поддержке пенсионной системы в современных условиях. Развитие и повышение дополнительного пенсионного обеспечения также является важной задачей, решение которой связано с развитием трехуровневой пенсионной системы и более динамичным экономическим ростом. Дополнительное пенсионное обеспечение является основой для достижения более высоких показателей относительной эффективности пенсионной системы для средне- и высокодоходных получателей пенсии.

Результаты исследования и дискуссия

Анализ эффективности пенсионной системы России в контексте целеполагания Стратегии

В 2012 г. была утверждена Стратегия долгосрочного развития пенсионной системы, в которой были сформулированы фундаментальные принципы ее сбалансированного развития, обоснованы риски снижения уровня пенсионного обеспечения и утверждены направления реформирования пенсионной системы с целью перехода к более сбалансированной модели, учитывающей интересы всех категорий пенсионеров (рис. 1).

К основным направлениям обеспечения долгосрочной финансовой устойчивости пенсионной системы России можно отнести: (1) увеличение выделяемых на пенсионные выплаты финансовых ресурсов; (2) ограничение роста обязательств перед пенсионерами и (3) снижение соотношения между численностью пенсионеров и работников [Кудрин, 2012]. Достижение долгосрочной актуарной сбалансированности бюджета ПФР требует ликвидации

² С 2014 г. в России фактически одноуровневая пенсионная система, т.к. все страховые взносы поступают в зачет страховой, а не накопительной части пенсии. Накопительная же часть действует как источник дополнительного дохода к пенсии только для тех, кто успел накопить соответствующий пенсионный капитал до момента заморозки пенсий.

противоречий и дисбалансов в существующей бюджетно-тарифной политике, используемой при его формировании при условии обеспечения приемлемого уровня пенсионного обеспечения в период и после проведения соответствующих реформ пенсионной системы.



Рис. 1. Ключевые идеи из концепции развития пенсионной системы России

Fig. 1. Key ideas from the concept of the development of the pension system of Russia

Источник: Составлено на основе данных Стратегии развития до 2030 г.

Динамика основных монетарных показателей пенсионного обеспечения в Российской Федерации за период 2012–2020 гг. показывает, что инерционный сценарий развития пенсионной системы России в условиях действующего пенсионного законодательства приведет к проблемам с поддержанием размера пенсий на социально приемлемом уровне [Росстат (а)]. Темпы роста величины среднегодового размера назначенных пенсий отстают не только от темпов роста ПМП, но и от среднегодового размера начисленной заработной платы. Сохранение наблюдаемой динамики в долгосрочной перспективе не позволяет решить проблему бедности пенсионеров, поскольку при прочих равных условиях, в т.ч. при сохранении тренда на снижение численности количества занятых на одного пенсионера на 1,3 % в год, коэффициенты соотношения назначенной пенсии и среднего размера начисленной заработной платы, а также соотношения средней назначенной пенсии и прожиточного минимума пенсионера едва ли поднимутся на уровень целевых значений Стратегии (рис. 2).

Коэффициент замещения утраченного заработка является одним из наиболее признанных критериев эффективности государственного пенсионного обеспечения в международной практике. По своему социально-экономическому содержанию данный показатель позволяет оценивать адекватность получаемой застрахованным лицом пенсии накопленным пенсионным правам, сформированным благодаря отчислению страховых взносов в течение трудоспособного периода жизни [Соловьев, 2014].

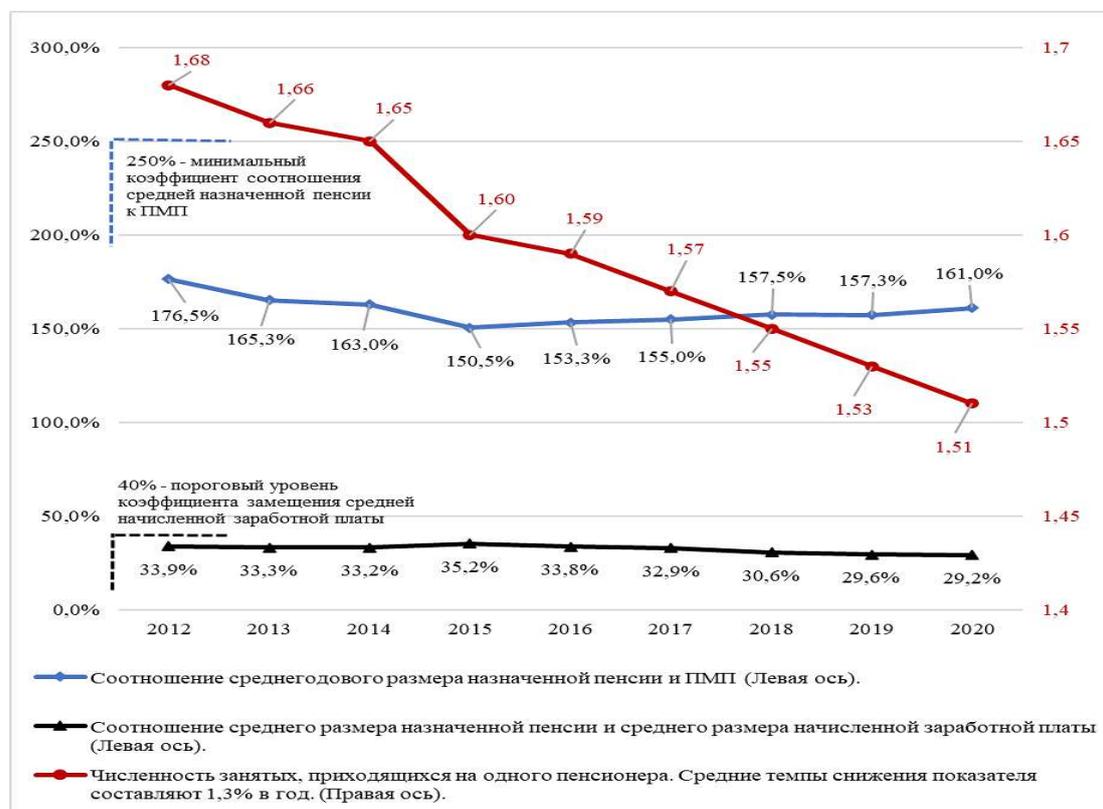


Рис. 2. Коэффициентный анализ показателей пенсионного обеспечения в России в период 2012–2020 гг.

Fig. 2. Coefficient analysis of pension provision indicators in Russia in the period 2012–2020

Источник: Составлено на основе данных [Росстат (a)]

Source: Compiled by the author based on [Rosstat (a)]

Специфика расчета коэффициента замещения в соответствии с российским подходом при прочих равных условиях с высокой вероятностью приведет к усилению темпов его снижения в долгосрочной перспективе (табл. 1):

Таблица 1
Table 1

Прогноз изменения уровня пенсионного обеспечения российских пенсионеров по коэффициентам замещения¹

Forecast of changes in the level of pension provision of Russian pensioners by replacement rates

№	Коэффициенты замещения назначенной пенсии начисленной заработной платой по видам пенсий	2021 ф.	2025 п.	2030 п.	2035 п.	2040 п.	Среднегодовое изменение	
							руб./руб.	%
1	Всех пенсий	29,0	26,1	24,6 ²	23,3	22,4	-0,330	-1,24%
2	Страховых пенсий	29,0	27,0	25,3	24,0	23,0	-0,300	-1,12%

Окончание табл. 1

3	Пенсий по старости	30,0	27,7	25,9	24,5	23,4	-0,330	-1,20%
4	Пенсий по инвалидности	18,5	17,3	17,3	17,3	17,6	-0,045	-0,24%
5	Страховой пенсии неработающих	30,1	28,4	26,4	25,0	24,1	-0,300	-1,08%
6	По старости неработающих пенсионеров	31,2	29,2	27,2	25,4	24,3	-0,345	-1,21%

Источник: Составлено на основе данных [Соловьев, 2022]

Source: Compiled by the author based on [Soloviev, 2022]

Примечания:

¹ Данные представлены с учетом ожидаемой «разморозки» накопительной части пенсии в 2024 г., исходя из допущения, что она не будет снова продлеваться до 2026 г.

² По прогнозу, лежащему в основе разработки Стратегии, показатель коэффициента замещения по всем видам пенсий к 2030 г. ожидается на уровне 24,9%.

К главным причинам снижения эффективности пенсионного обеспечения по коэффициенту замещения можно отнести следующее:

1. С 2024 г. ожидается начало периода выплат накопительной пенсии застрахованным лицам, участвовавшим в ее формировании [Федеральный закон от 21.12.2021 № 429-ФЗ]. В настоящее время накопительная часть пенсии в размере 6 % от ФОТ остается замороженной с 2014 г. Таким образом, высвобождались средства из федерального бюджета, необходимые для покрытия расходов на финансирование страховой пенсии по старости. По предварительным оценкам до конца 2024 г. ФБ может сэкономить за счет этой меры порядка 670 млрд руб. [РБК]. Учитывая прогнозы Банка России из проекта основных направлений денежно-кредитной политики на среднесрочный период, мы прогнозируем, что в 2023–2024 г. заморозку накопительной пенсии придется снова продлить на несколько лет с ориентиром на 2025–2026 гг., когда, по мнению Банка России, экономика будет способна вернуться к «потенциальным темпам роста» [Банк России].
2. Сокращение среднестатистической продолжительности трудового стажа, в течение которого могли формироваться пенсионные права на страховую пенсию (в среднем на 18-20 %) из-за сокращения численности наемных рабочих мест и роста доли самозанятых в экономике, имеющих «льготные» условия уплаты страховых взносов.
3. Рост теневой занятости и снижение поступлений налогов и страховых взносов в период структурной трансформации российской экономики как стандартная модель поведения экономических агентов в период экономического кризиса.
4. Ограничения на пенсионные права работающих пенсионеров. По действовавшему до 2016 г. законодательству индексировались пенсии всех (работающих и неработающих) пенсионеров. После 2016 г. были приняты поправки в законодательство, согласно которым пенсии работающих пенсионеров перестали индексировать. На данный момент какой-либо информации о возможном пересмотре данного решения не существует. В соответствии с действующим механизмом пенсионной системы России каждый год страховая пенсия индексируются не ниже уровня инфляции предшествующего года, а социальные пенсии индексируются с учетом темпов роста величины ПМП [Федеральный закон от 15.12.2001 N 166-ФЗ].

Таким образом, прогноз значений различных видов коэффициента замещения показывает, что по совокупности ряда негативных факторов эти показатели будут

снижаться. При этом наибольший негативный вклад в снижение показателя, вероятно, сделает ухудшение уровня пенсионного обеспечения неработающих пенсионеров за счет роста низкодоходных групп в структуре населения пенсионного возраста и опережающего роста средней заработной платы по отношению к начисленной пенсии (строка 6 в табл. 1).

Немаловажное значение для оценки относительной эффективности пенсионной системы России имеет анализ коэффициента замещения по методологии МОТ, в которой вместо индивидуальной средней заработной платы и назначенной пенсии в расчете применяются показатели по домохозяйству, т.е. данные по типичному получателю пенсии. В своих прогнозах от 2014 г. А.К. Соловьев и соавторы, проводившие расчеты коэффициента замещения в исследовании, указывают, что коэффициент замещения трудовой пенсией брутто-зарплаты типичного получателя снизится с 35 % в 2015 г. до уровней 33 % к 2030 и 32 % к 2045 г. соответственно [Соловьев, 2014]. При этом коэффициент замещения нетто-зарплаты типичного получателя пенсии также не превышает пороговую границу МОТ в 40 % и также снижается в перспективе. В более позднем исследовании, в котором расчеты проводились только А.К. Соловьевым, автор также указывает на ожидаемую нисходящую динамику коэффициента замещения по методологии МОТ, однако в этой версии значение коэффициента замещения на всем горизонте прогнозирования до 2040 г. остается выше 40 % [Соловьев, 2022]. Сравнение результатов исследований А.К. Соловьева дает очень противоречивые результаты, поскольку в более позднем исследовании коэффициент замещения выше порогового значения по методологии МОТ, что указывает на имеющийся запас финансовой прочности у действующей пенсионной системы и ее формальное соответствие требованиям международных стандартов пенсионного обеспечения. Однако расчеты, проведенные в 2014 г. соавторами А.К. Соловьева, указывали на совсем другой уровень пенсионного обеспечения.

Данные исследования содержат очень важные материалы для оценки перспектив развития пенсионной системы России. Дело в том, что их авторы фактически являются инсайдерами, работавшими или работающими на момент проведения настоящего исследования в ПФР, которые имеют доступ к финансовым моделям и соответствующим закрытым данным. К сожалению, проверить результаты расчетов в работе Соловьева [Соловьев, 2022] для выяснения причин расхождений не представляется возможным, поскольку автор недостаточно подробно раскрывает материалы и методы исследования. Будем считать, что такие расхождения связаны с особенностями расчёта коэффициента замещения по версии МОТ и тем, что расчеты проводились разными лицами. Из важных и непротиворечивых результатов мы можем использовать информацию о том, что прогнозный тренд значений коэффициента замещения остается нисходящим, что само по себе по-прежнему требует продолжения реформ пенсионной системы, иначе при прочих равных условиях уровень пенсионного обеспечения будет снижаться.

Еще одним важным индикатором уровня качества пенсионного обеспечения является показатель минимального пенсионного обеспечения. Законодательно закрепленная норма гарантирования минимального уровня материального обеспечения пенсионера не ниже величины прожиточного минимума пенсионера в субъекте Российской Федерации реализуется за счет системы федеральных и региональных доплат к пенсии. Фактически эта мера предназначена для борьбы с бедностью пенсионеров, уровень доходов которых находится ниже величины ПМП по региону. Около 13,6 % всех российских пенсионеров (6,2 млн. человек) получают социальные надбавки к пенсии, потому что совокупный уровень их дохода ниже величины регионального ПМП (рис. 3).

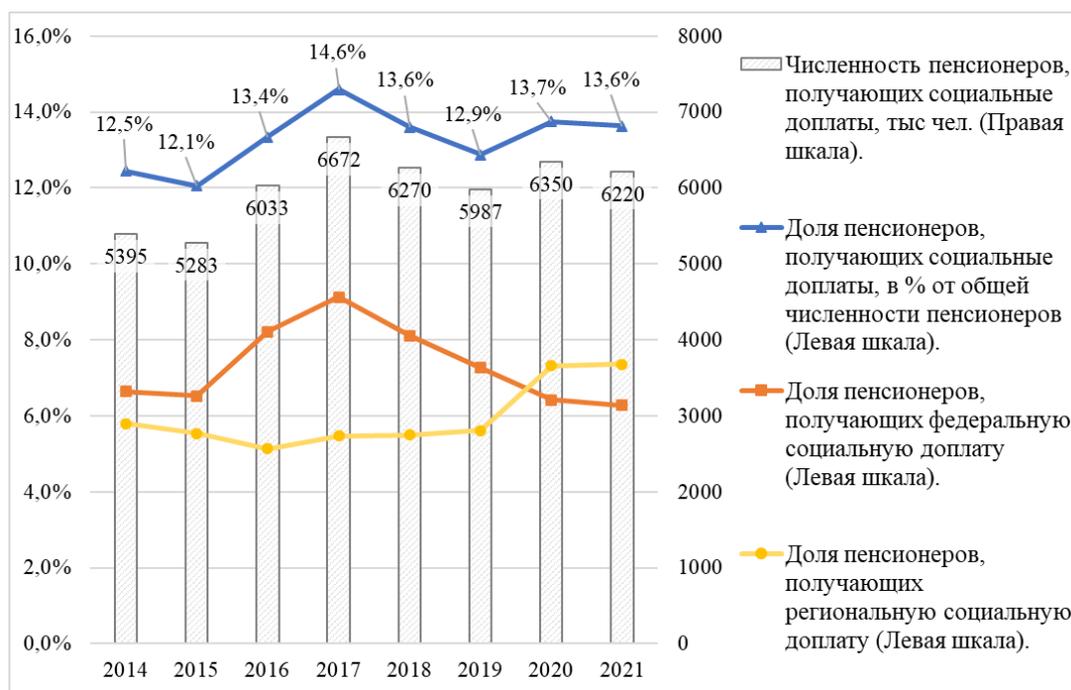


Рис. 3. Численность пенсионеров, получающих социальные доплаты к пенсии в целях доведения уровня материального обеспечения пенсионера до величины прожиточного минимума пенсионера в Российской Федерации

Fig. 3. The number of pensioners receiving social supplements to pensions in order to bring the level of material support for a pensioner to the subsistence level of a pensioner in the Russian Federation

Источник: Составлено на основе данных Росстата.

Source: Compiled by the author based on Rosstat database

Таким образом, по показателям эффективности пенсионного обеспечения мы наблюдаем отрицательную динамику как по фактическим данным, сформированным после утверждения Стратегии, так и по прогнозным данным на горизонте планирования Стратегии. Уровень бедности российских пенсионеров в монетарном исчислении незначительно вырос за анализируемый период (на 1,1 пп. или 0,16 пп. в год), варьируясь между 12,1 % и 14,6 %. Решение проблемы снижающейся эффективности пенсионного обеспечения проводится за счет комплекса мероприятий, утвержденных в рамках Стратегии. Ликвидация бедности пенсионеров в настоящее время достигается за счет системы федеральных и региональных доплат к пенсиям. В перспективе эта проблема должна решаться за счет перехода к более сбалансированной пенсионной системе, минимизации доли теневой экономики и более широкого охвата населения при формировании пенсионных накоплений и др.

Анализ факторов, влияющих на размер пенсии, и направления повышения уровня пенсионного обеспечения в России

Размер пенсии в контексте величины прожиточного минимума пенсионера позволяет идентифицировать количество пенсионеров, находящихся за чертой бедности. На размер пенсии оказывает влияние большое количество различных факторов, управление которыми позволяет регулировать проблему бедности и влиять на уровень пенсионного обеспечения российских пенсионеров (рис. 4). Для формирования системной картины факторы классифицированы по критерию момента наступления страхового события для пенсионера, т.е. относительно назначения пенсии [Дорофеев, 2022].

Периодические единовременные выплаты к пенсиям позволяют эффективно решать тактические задачи по увеличению уровня пенсионного обеспечения, реальных доходов

пенсионеров и борьбе с бедностью пенсионеров, а также часто используются в периоды кризисов или перед проведением выборов [Карева, Кузина, 2021]. Однако последующая плановая индексация проводится с предыдущей базы назначенной пенсии, не учитывающей эти единовременные выплаты. Так, вместо индексации пенсий в 2016 г., пенсионерам выплатили разовую надбавку к страховой пенсии, а следующая за этим индексация проходила с более низкой базы начисленной пенсии по состоянию на 2015 г. [Мажура, 2017]. Очевидно, что подобные меры сглаживают динамику реальных доходов пенсионеров, замедляя их рост в будущих периодах.

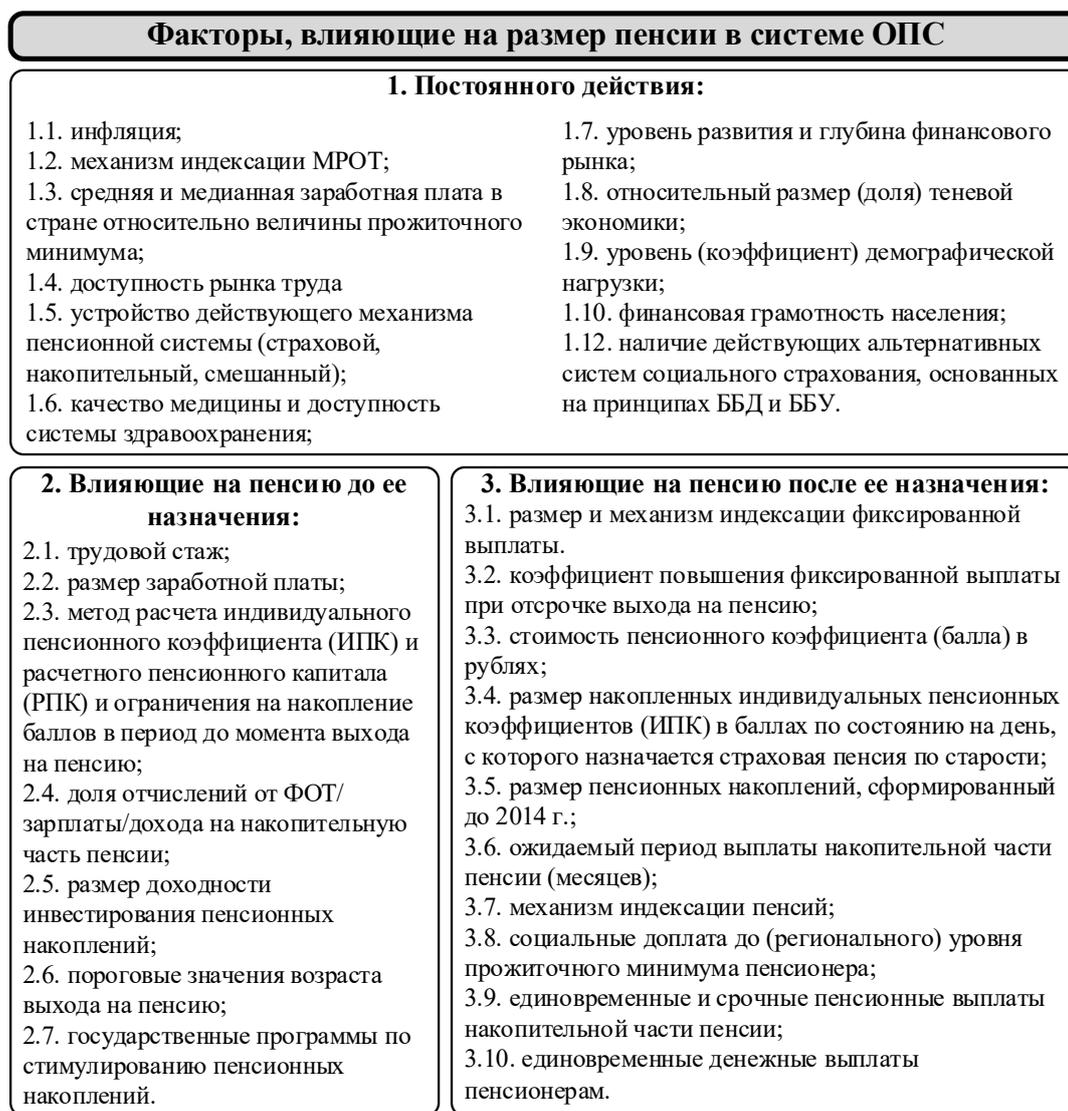


Рис. 4. Классификация факторов, оказывающих влияние на размер пенсии до и после ее назначения

Fig. 4. Classification of factors affecting the amount of pension before and after its appointment

Источник: Составлено на основе данных Росстата.

Source: Compiled by the author based on Rosstat database

В периоды восстановления экономики и замедляющейся инфляции уровень средней заработной платы имеет тенденцию расти быстрее среднего уровня начисленной пенсии, сокращая показатели относительной эффективности пенсионной системы России. Вместе с тем темпы индексации пенсии и рост доходов происходит быстрее роста ПМП, увеличивая уровень доходов пенсионеров относительно границы бедности. Высокая и ускоряющаяся

инфляция обостряет проблему бедности, требуя повышать уровень ПМП, относительно которого устанавливается минимальный уровень пенсионного обеспечения. Низкая и замедляющаяся инфляция усиливает проблему снижения относительных показателей эффективности функционирования пенсионной системы за счет опережающего темпа роста заработных плат и снижения коэффициента замещения. В этой связи контроль уровня инфляции является одной из ключевых задач, решение которой способствует повышению эффективности функционирования всей пенсионной системы.

Развитие финансовой грамотности потенциально может влиять как на развитие накопительной части пенсионной системы, так и на снижение доли теневой экономики, что в свою очередь оказывает влияние на объемы поступлений страховых взносов в пенсионную систему. Исследования показывают, что уровень финансовой грамотности положительно влияет на выбор стратегии инвестирования пенсионных накоплений, причем это влияние остается при контроле пола, возраста, образования, уровня доходов, типа населенного пункта и федерального округа [Кузина, 2013]. Развитие финансовой грамотности населения в комплексе с развитием инфраструктуры и глубины финансового рынка является значимым фактором увеличения размера совокупного дохода пенсионеров.

Достаточный уровень финансовой грамотности и осведомленность гражданина о своих правах и возможностях по управлению своими накоплениями может существенно повлиять на размер будущей пенсии. Например, при своевременном принятии решения о покупке необходимых баллов для приобретения прав на получение страховой пенсии или для открытия индивидуального инвестиционного счета, дающего возможности получать налоговые вычеты, может положительно влиять как на размер страховой (если у гражданина не хватает баллов при текущем уровне дохода или трудового стажа), так и накопительной пенсии. Различные источники показывают смешанные результаты влияния уровня финансовой грамотности на динамику доли теневой экономики. Эконометрический анализ панельных данных в 80 странах за период с 1999 по 2007 гг. выявил, что развитие финансовой грамотности населения приводит к сокращению доли теневой экономики только при условии высокого качества ее институционального устройства [Farzanegan & Buehn, 2013]. По данным Всемирного банка, качество институционального устройства в России оценивается на уровне ниже среднего, следовательно, этот фактор не является системообразующим для страховой части пенсии [World bank database, 2022].

Темпы экономического роста в стране в целом и динамика доходов населения в частности непосредственно влияют на абсолютный размер пенсии и раскрытие потенциала пенсионного обеспечения в стране. Ритмичный экономический рост создает больше пространства для маневров по внесению корректировок в параметры пенсионной системы, от устройства которой зависят особенности перераспределения доходов домохозяйств и средний размер пенсии в стране.

Доступная и качественная система здравоохранения является системообразующим фактором эффективности системы социального обеспечения и уровня жизни в стране. В совокупности с доступным рынком труда этот параметр существенен для экономически активных граждан, поскольку обуславливает уровень их трудоспособности и продолжительность трудовой деятельности, что, в свою очередь, влияет на динамику и потенциал роста ВВП, возможность увеличивать статью расходов на добровольные пенсионные накопления и на уровень пенсий как на производный показатель от всего вышеперечисленного. Качественная и доступная медицина для старшего поколения может высвободить существенную долю их располагаемых доходов, которые на 60 % состоят из государственных пенсионных выплат [Росстат (б); Кузина, 2009]. Данная группа населения нуждается в медицинских услугах и лекарствах больше других, а доля расходов на их финансирование в структуре конечного потребления достаточно высока и составляет порядка 20–25 % [Pilipiec et al, 2020].

К факторам, влияющим на пенсию до ее назначения, относятся уровень доходов в экономике и размер средней заработной платы; требования к трудовому стажу и пенсионному возрасту; метод расчета и верхний лимит ИПК; нормативы отчислений от ФОТ и пр. Размер дополнительных доходов от накопительной части пенсии напрямую зависит от эффективности управления пенсионным капиталом в период его накопления, наличия стимулирующих государственных программ [Дорофеев, 2014]. Реальное значение накоплений зависит от уровня инфляции, которая в исторической ретроспективе в большинстве периодов и для большинства управляющих компаний (80 %) оказывается меньше или равна доходности от управления пенсионными накоплениями, что безусловно дает основания продолжать придерживаться плана Стратегии по развитию накопительной составляющей пенсионной системы [ВЭБ. РФ].

К факторам, влияющим на пенсию после ее назначения, в большей степени относятся параметры «пенсионной формулы», на основании которой производится расчет страховой пенсии и размера пенсионных выплат. Механизм индексации пенсий является одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на уровень бедности пенсионеров через размер и динамику реальных располагаемых доходов пенсионера. В большинстве стран пенсии индексируются на основе (1) индекса цен, (2) индекса заработной платы или (3) комбинированного использования этих показателей. Выбор того или иного механизма индексации пенсий зависит от целеполагания. Индексация на основе индекса цен является более экономичным выбором для бюджетной системы и, как правило, берется за основу в случае, когда государство стремится контролировать уровень бедности пенсионеров и уровень бедности в стране в целом. Индексация пенсий на основе индекса заработной платы – более дорогой для бюджета инструмент финансового регулирования, позволяющий решать как проблему бедности, так и регулирования доходного неравенства за счет замещения значительной части утраченного дохода пенсионера. Смешанные модели и механизмы индексации предполагают комбинированное или средневзвешенное применение индекса цен и индекса заработной платы, открывающие возможности для поиска баланса между сильными и слабыми сторонами каждого из индексов при их отдельном использовании [Hohnerlein, 2019].

Сложность традиционных систем социальной защиты также является серьезным аргументом для обсуждения различных альтернатив. Действующие механизмы социального обеспечения требуют от государства постоянных калибровок, изменений, реформ и введения разнообразных условий для обеспечения их долгосрочной финансовой устойчивости в условиях неопределенности. Проблема старения населения, большие объемы накопленного долга в глобальной экономике и растущая инфляция создают много неудобств и требуют больших расходов на управление такими системами. В этой связи все чаще встает вопрос об экономической эффективности более простых концепций и механизмов социального обеспечения, не требующих такого объема усилий и операционных расходов по их обслуживанию.

К альтернативным направлениям преодоления бедности пенсионеров можно отнести косвенные методы финансового и экономического регулирования экономики, воздействующие на более широкие группы населения, но при этом затрагивающие и старшее поколение: (1) безусловный базовый доход (ББД), (2) гарантированный минимальный доход (ГМД); (3) частичный базовый доход (ЧБД); (4) безусловная базовая услуга (ББУ), (5) субсидирование заработной платы (СЗП) и (6) гарантированная занятость (ГЗ) [Гринберг, Колмолов, 2020]. Обсуждение этих концепций как альтернатив существующим системам социального обеспечения связано с рядом объективных процессов.

Заключение

Существует много факторов, оказывая влияние на которые, можно регулировать проблему бедности пенсионеров и уровень эффективности пенсионного обеспечения на различных этапах жизненного цикла человека. По всей видимости, в современных усло-

виях, когда проблема бедности пенсионеров эффективно решается за счет программ федеральных и региональных доплат, повышение уровня дополнительного пенсионного обеспечения и контроль коэффициентов замещения должны определяться за счет (1) поэтапного ужесточения параметров пенсионной системы и (2) успехов в развитии накопительной части пенсионной системы.

Усилия в рамках первого направления реформирования пенсионной системы позволят перейти к более сбалансированной модели пенсионной системы, в которой к 2030 г. должно быть на порядок меньше противоречий, чем имеется в настоящее время. С нашей точки зрения запланированных в Стратегии мероприятий достаточно, чтобы негативные тренды развития пенсионной системы были сломлены, а система в целом стала более сбалансированной. При необходимости следует более гибко и в оперативном порядке подстраивать параметры пенсионной системы (тарифная политика, стаж, пенсионный возраст и пр.), постепенно ликвидируя в ней существующие и новые дисбалансы. Ключевым риском для достижения этой цели в долгосрочной перспективе является зеленый переход энергетического рынка и эмбарго на российские углеводороды, поскольку сформированные макроэкономические условия могут не только замедлить экономический рост, но и привести к существенному снижению доходов бюджетной системы относительно прогнозной модели, использовавшейся при формировании Стратегии.

Развитие накопительной части пенсионной системы требует принципиально другого уровня усилий, поскольку планомерно выстраиваемые в последние 3-4 года возможности для инвестирования пенсионного капитала, ориентированные на западную экономику, были одномоментно ликвидированы и сегодня являются недоступными. Очевидно, что развитие накопительной пенсионной системы в формате замкнутой и изолированной финансовой системы не будет устойчивым и не позволит эффективно решать задачи, сформулированные в Стратегии. Переориентация пенсионного капитала и введение налоговых стимулов (инвестиционных вычетов) для долгосрочных инвестиций (7-10 лет), безусловно, может поддержать развитие российской экономики. Вместе с тем, необходимо как можно быстрее развивать финансовую инфраструктуру с опорой на финансовые рынки дружественных стран, в первую очередь на Китай и Гонконг, доля импорта в Россию из которых очень велика. Кроме того, курсы валют этих стран сравнительно стабильные и обладают признаками резервных. На основе новой инфраструктуры следует создавать и развивать возможности для инвестирования в иностранные ценные бумаги, позволяющие управлять валютными рисками и более эффективно диверсифицировать пенсионные портфели.

Список источников

- Банк России. Проект Основных направлений единой государственной денежно-кредитной политики на 2023 год и период 2024 и 2025 годов. Режим доступа: URL: <https://www.cbr.ru/press/event/?id=14080> (дата обращения: 09.07.2022).
- ВЭБ. РФ. Как сравнить доходность инвестирования средств пенсионных накоплений. Режим доступа: URL: <https://pensiya.veb.ru/kak-uvelichit-budushhuju-pensiju/kak-sravnit-dohodnost-investirovanijsredstv-pensionnyh-nakoplenij/#5> (дата обращения: 09.07.2022).
- ПФР. Что нужно знать о пенсионных накоплениях? Режим доступа: URL: https://pfr.gov.ru/grazhdanam/pensions/pens_nak/chto_nuzh_pens_nak/ (дата обращения: 09.07.2022).
- РБК. Путин продлил заморозку накопительной части пенсии до конца 2024 года. Режим доступа: URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/61c1c2fe9a794777fe21eee5> (дата обращения: 09.07.2022).
- Росстат (а). Основные показатели пенсионного обеспечения в Российской Федерации». Режим доступа: URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13877?print=1> (дата обращения: 09.07.2022).
- Росстат (б). Уровень и структура денежных доходов домашних хозяйств, состоящих из пенсионеров, в Российской Федерации (по данным выборочного наблюдения доходов населения и участия в социальных программах). Режим доступа: URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab-gen-doh.html> (дата обращения: 09.07.2022).

- Стратегия развития до 2030 г. Стратегия долгосрочного развития пенсионной системы Российской Федерации (утв. распоряжением Правительства РФ от 25 декабря 2012 г. N 2524-р). Режим доступа: URL: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm> (дата обращения: 09.07.2022).
- Федеральный закон от 15.12.2001 N 166-ФЗ (ред. от 08.03.2022) "О государственном пенсионном обеспечении в Российской Федерации" Статья 25. Режим доступа: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34419/fd6bbb57443078720f77a8442718f2123ea9a367/ (дата обращения: 09.07.2022).
- Федеральный закон от 21.12.2021 № 429-ФЗ "О внесении изменений в статью 33-3 Федерального закона "Об обязательном пенсионном страховании в Российской Федерации" и статью 6-1 Федерального закона "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам обязательного пенсионного страхования в части права выбора застрахованными лицами варианта пенсионного обеспечения". Режим доступа: URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112210006?index=0&rangeSize=1> (дата обращения: 09.07.2022).
- Pensions at a Glance 2021. Demographic old-age to working-age ratio. Available at: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/d9aef235-en.pdf?expires=1648313758&id=id&accname=guest&checksum=F568B2D5790078A3747A7769F1EEC620> (accessed 09.07.2022).
- World bank database. Available at: <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/worldwide-governance-indicators> (accessed 09.07.2022)

Список литературы

- Гринберг Р.С., Комолов О.О. 2020. Безусловный базовый доход как альтернатива традиционным формам социальной политики. Вопросы политической экономики, 4(24): 68-82. DOI: 10.5281/zenodo.4422727 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.4422727>)
- Гонтмахер Е. Ш. 2019. Базовый доход: пролог к социальной политике XXI века? Экономическая политика, 149(2): 156-177. DOI 10.18288/1994-5124-2019-2-156-177. – EDN ZEUZML.
- Дорофеев М. Л. 2014. Программа государственного софинансирования пенсии как инструмент совершенствования пенсионной системы Российской Федерации в современных условиях. Финансы и кредит, 23(599): 29-43.
- Дорофеев М. Л. 2022. Направления повышения уровня доходов старшего поколения в условиях структурной трансформации российской экономики. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент, 12(3): 158-169. DOI 10.21869/2223-1552-2022-12-3-158-169.
- Карева Д. Е., Кузина О. Е. 2021. Динамика пенсионных стратегий и пенсионного поведения россиян в 2005—2020 гг. Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены, 4: 139—164. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2021.4.766>.
- Кудрин А., Гурвич Е. 2012. Старение населения и угроза бюджетного кризиса. Вопросы экономики, 3: 52-79. DOI 10.32609/0042-8736-2012-3-52-79.
- Кузина Е. Ю. 2009. Вопросы пенсионного обеспечения в России. Вестник Чувашского университета, 4: 436-441.
- Кузина О. Е. 2013. Финансовая грамотность и пенсионные сбережения населения. Пенсионное обозрение, 4(16): 19-52.
- Мажура М.А., Мизгирев С.О. 2017. Сколько сэкономило правительство, отказавшись от индексации пенсии? Инновационные технологии в науке нового времени: Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна": 121-123.
- Седова М. Л. 2018. Сбалансированность бюджета пенсионного фонда России и проблемы финансовой устойчивости пенсионной системы. Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета, 5(113): 64-70.
- Соловьёв А.К. 2014. Экономическая сущность коэффициента замещения пенсией утраченного дохода и проблемы применения его в России. Проблемы прогнозирования, 2 (143): 77-91.
- Соловьёв А.К. 2022. Проблемы применения коэффициента замещения как критерия эффективности пенсионной системы России. Проблемы прогнозирования, 2(191): 80-93. DOI: 10.47711/0868-6351-191-80-93

- Farzanegan, Mohammad & Buehn, Andreas. 2013. Impact of education on the shadow economy: Institutions matter. *Economics Bulletin*, 33: 2052-2063.
- Hohnerlein E.M. 2019. Pension indexation for retirees revisited – Normative patterns and legal standards. *Global Social Policy*, 19(3): 246-265. doi:10.1177/1468018119842028
- Pilipiec, P., Groot, W., & Pavlova, M. 2020. The Effect of an Increase of the Retirement Age on the Health, Well-Being, and Labor Force Participation of Older Workers: a Systematic Literature Review. *Journal of Population Ageing*. doi:10.1007/s12062-020-09280-9

References

- Grinberg R.S., Komolov O.O. 2020. Bezuslovnyj bazovyj dohod kak al'ternativa tradicionnym formam social'noj politiki [Unconditional basic income as an alternative to traditional forms of social policy]. *Voprosy politicheskoi jekonomii*, 4(24): 68-82. DOI: 10.5281/zenodo.4422727 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.4422727>)
- Gontmaher E.Sh. 2019. Bazovyj dohod: prolog k social'noj politike XXI veka? [Basic income: prologue to social policy of the 21st century?] *Jekonomicheskaja politika*, 14(2): 156-177. – DOI 10.18288/1994-5124-2019-2-156-177.
- Dorofeev M.L. 2014. Programma gosudarstvennogo sofinansirovaniya pensii kak instrument sovershenstvovaniya pensionnoj sistemy Rossijskoj Federacii v sovremennyh uslovijah [The program of state co-financing of pensions as an instrument for improving the pension system of the Russian Federation in modern conditions]. *Finansy i kredit*, 23(599): 29-43.
- Dorofeev M. L. 2022. Napravlenija povyshenija urovnja dohodov starshego pokolenija v uslovijah strukturnoj transformacii rossijskoj jekonomiki [Directions of increasing the level of income of the older generation in the context of the structural transformation of the Russian economy]. *Izvestiya YUGo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sociologiya. Menedzhment*, 12(3): 158-169. DOI 10.21869/2223-1552-2022-12-3-158-169.
- Kareva D. E., Kuzina O. E. 2021. Dinamika pensionnyh strategij i pensionnogo povedenija rossijan v 2005—2020 gg. [Dynamics of pension strategies and pension behavior of Russians in 2005-2020]. *Monitoring obshhestvennogo mnenija: jekonomicheskie i social'nye peremeny*. [Monitoring of public opinion: economic and social changes], 4: 139—164. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2021.4.766>.
- Kudrin A., Gurvich E. 2012. Starenie naselenija i ugroza bjudzhetnogo krizisa [Population aging and the threat of a budget crisis]. *Voprosy jekonomiki*, 3: 52-79. DOI 10.32609/0042-8736-2012-3-52-79.
- Kuzina E. Ju. 2009. Voprosy pensionnogo obespechenija v Rossii [Issues of pension provision in Russia]. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*, 4: 436-441.
- Kuzina O. E. 2013. Finansovaja gramotnost' i pensionnye sberezenija naselenija. [Financial literacy and pension savings of the population]. *Pensionnoe obozrenie*, 4(16): 19-52
- Mazhura M.A., Mizgirev S.O. 2017. Skol'ko sjekonomilo pravitel'stvo, otkazavshis' ot indeksacii pensii? [How much did the government save by refusing to index pensions?] *Innovacionnye tehnologii v nauke novogo vremeni: Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii*. Ufa: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Ajeterna": 121-123.
- Sedova M. L. 2018. Sbalansirovannost' bjudzhetnogo pensionnogo fonda Rossii i problemy finansovoj ustojchivosti pensionnoj sistemy [The balance of the budget of the pension fund of Russia and the problems of financial stability of the pension system]. *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta*, 5(113): 64-70.
- Solov'jov A.K. 2014. Jekonomicheskaja sushhnost' kojefficienta zameshhenija pensiej utrachennogo dohoda i problemy primenenija ego v Rossii [The economic essence of the replacement ratio with the pension of lost income and the problem of its application in Russia]. *Problemy prognozirovanija*, 2(143): 77-91.
- Solov'jov A.K. 2022. Problemy primenenija kojefficienta zameshhenija kak kriterija jeffektivnosti pensionnoj sistemy Rossii [Problems of applying the replacement coefficient as a criterion for the effectiveness of the Russian pension system]. *Problemy prognozirovanija [Forecasting issues]*, 2(191): 80-93. DOI: 10.47711/0868-6351-191-80-93
- Farzanegan, Mohammad & Buehn, Andreas. 2013. Impact of education on the shadow economy: Institutions matter. *Economics Bulletin*, 33: 2052-2063.
- Hohnerlein E.M. 2019. Pension indexation for retirees revisited – Normative patterns and legal standards. *Global Social Policy*, 19(3): 246-265. doi:10.1177/1468018119842028



Pilipiec, P., Groot, W., & Pavlova, M. 2020. The Effect of an Increase of the Retirement Age on the Health, Well-Being, and Labor Force Participation of Older Workers: a Systematic Literature Review. *Journal of Population Ageing*. doi:10.1007/s12062-020-09280-9

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Дорофеев Михаил Львович, кандидат экономических наук, доцент Департамента общественных финансов, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия

ORCID ID: 0000-0002-2829-9900

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Mikhail L. Dorofeev, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Public Finance, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

ORCID ID: 0000-0002-2829-9900

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК: 004.93'11

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-782-787

Метод распознавания объектов в системах технического зрения роботов

¹ Титов А.И., ² Корсунов Н.И.

¹ Общество с Ограниченной Ответственностью «Единая Транспортная Компания»
Россия, 308519, Белгородская область, Белгородский район, поселок городского типа Северный,
тер. АТП, зд. 2

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: titov@programist.ru, korsunov@intbel.ru

Аннотация. Предлагается метод, обеспечивающий минимизацию затрат ресурсов, имеющий инвариантность к поворотам, так как объекты могут находиться в случайном положении. Для сокращения временных и аппаратных затрат при обеспечении инвариантности к положению объекта предлагается для задания контура использовать особые ключевые точки. Линия, связывающая две соседние особые ключевые точки, задает ось автономной декартовой системы координат, в которых определяются точки экстремумов. Количество сегментов, координат и положение в них точек экстремумов представляется решающим правилом распознавания объекта. Эти архитектуры являются универсальными, поэтому их можно использовать для создания ряда модулей для более крупной системы (например, для распознавания объектов, ключевых точек и модулей обнаружения объектов в системе технического зрения роботов). По мере того, как все больше и больше используются мобильные роботы и, как правило, самоуправляемые машины такие как квадрокоптеры или дроны, системы распознавания объектов становятся все более важными.

Ключевые слова: распознавание объекта, ключевые точки, сегментация, классификация, кластеризация.

Для цитирования: Титов А.И., Корсунов Н.И. 2022. Метод распознавания объектов в системах технического зрения роботов. Экономика. Информатика, 49(4): 782–787. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-782-787

Object Identification Method in Robot Vision Systems

¹ Alexey I. Titov, ² Nikolay I. Korsunov

¹ Limited Liability Company "United Transport Company"
Russia, 308519, Belgorod region, Belgorod district, urban-type settlement Severny, ter. ATP, bld. 2

² Belgorod National Research University
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: titov@programist.ru, korsunov@intbel.ru

Abstract. It is proposed a method object recognition that ensures the minimization of overheads, that has the rotation invariance since objects can be in a random position. To reduce the time and hardware overheads while ensuring object position invariance, it is proposed to use special cue points to define the contour. One could hypothesize that through the application of motion imaging and the availability of

multiple views, recognition of certain objects could become easier. The line connecting two nearby points defines the axis of the autonomous Cartesian coordinate system, in which the extreme points are determined. The number of coordinates and the extreme points position in them seems to be the decisive rule for object identification. These architectures are general-purpose, so they can be used to create a number of modules for a bigger system (e.g., object recognition, key points, and object detection modules of a robot vision system). As mobile robots and generally self-driving machines like quad-copters, drones, and soon service robots, are used more and more, object detection systems are becoming more important.

Keywords: object identification, cue points, segmentation, classification, clustering.

For citation: Titov A.I., Korsunov N.I. 2022. Object Identification Method in Robot Vision Systems. Economics. Information technologies, 49(4): 782-787. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-782-787

Введение

Задача распознавания объектов является актуальной [Leng, at al., 2018; Jiang, at al., 2021]. Широко известные методы распознавания (классификации и кластеризации), имеют несколько подходов: метод ключевых точек, аппроксимация контуров, распознавание по контуру. Все методы объединены существенными недостатками: чувствительны к поворотам объекта, в реальном мире объекты могут находиться в случайном положении [Павельева, 2018]. Глобальные нейросети требуют при работе большого количества вычислительных мощностей или времени [Biryukov, 2017; Cui, at al., 2019]. С целью оптимизации процесса вычислений и сокращения требований к вычислительным системам, применяемым в робототехнике, позволяющим в реальном времени распознавать объекты, предлагается применение особых ключевых точек, расположенных на контуре изображения объекта.

Основная задача, которую необходимо решить, это задача кластеризации объектов по контурам изображений. Выработать меру близости объектов для отнесения анализируемого объекта к тому или иному образу базы данных объектов. Провести анализ известных методов и выделить критерии методов, которые возможно оптимизировать с целью повышения производительности системы или снижения времени вычислений. Проведение параллельных вычислений в данном процессе является ключевым показателем эффективности метода распознавания, что должно учитываться в процессе оценки существующих методов и разработки новых.

Объекты и методы исследования

Целью исследования, изложенного в статье, являлось обоснование метода распознавания объектов по контурам их изображений, обеспечивающего простую реализацию в системах технического зрения роботов.

Метод основан на введении сегментов контуров изображений и использовании в сегментах минимального числа точек для классификации объектов.

Сегментация контура связана с построением его сегментной схемы, представляемой заменой ей кусочно-линейной ломаной. Точки, через которые осуществляется сопряжение двух соседних прямых, назовем особыми ключевыми точками, а линию контура, проходящую через две соседние особые ключевые точки, назовем сегментом контура.

В методе ключевых точек сегментов не выделяется [Barroso-Laguna, at al., 2019], так как линия контура должна проходить через все точки с наибольшим количеством пикселей в некоторой ее окрестности [Tikhonova, Paveleyeva, 2020], что приводит к чрезвычайно длинному вектору задания контура, учитывающем направление линии контура в каждой из точек [Райченко, Некрасов, 2013; Protsenko, 2019]. В отличие от этого метода предлагается определять особые ключевые точки по смене направления линии контура

относительно оси абсцисс декартовой прямоугольной системы координат, то есть при переходах из правой в левую систему координат и наоборот.

Сегментация линии контура, на основе выделения особых ключевых точек, обеспечивает инвариантность к аффинным преобразованиям изображения, получаемого при случайных положениях объекта в пространстве, в следствии независимости расположения особых ключевых точек относительно друг друга.

Результаты и их обсуждение

Определение особых ключевых точек выполняется при шаговом обходе контура, например, в правой прямоугольной декартовой системе координат, по часовой стрелке. На каждом шаге вычисляется приращение аргумента и знак приращения.

$$\Delta X_i = X_{i+1} - X_i \geq 0 + E; \quad (1)$$

здесь X_{i+1}, X_i -значение аргумента на $i+1$ и i -м шагах, E – нами заданная малая величина, соответствующая ширине окна, измеряемая в пикселях, ΔX_i -приращение аргумента.

Если для $i=k, L$ выполняется (1), то внутри и на границах интервала нет особой ключевой точки и выполняется переход к следующему шагу.

А так как по определению особая ключевая точка соответствует переходу из правой системы координат в левую и наоборот, то она фиксируется значением $(X_i Y_i)$ по изменению знака ΔX_i в (1) так что если

$$\Delta X_i = X_{i+1} - X_i \leq 0 - E; \quad (2)$$

после фиксации особой ключевой точки по переходу из правой в левую систему координат, в последней продолжается обход контура и как только выполняется (1) фиксируется следующая особая точка. Процесс продолжается до тех пор, пока на очередном шаге выполнится возврат в точку контура, с которой начался обход.

Для определения множества особых точек на контуре используется алгоритм «Жука» [Андреев, Бобков, 2014].

После того как «Жук» вернулся в начальную точку контура, из которой он начал обход, соседние особые ключевые точки соединяются прямыми, каждая из которых принимается за ось абсцисс автономной декартовой прямоугольной системы координат.

Так как часть контура между соседними особыми ключевыми точками представляется сегментом, то контур можно характеризовать точками экстремумов в сегменте. Это позволяет наиболее просто решить задачу кластеризации объектов по контурам изображений. Контур, содержащие одинаковое количество сегментов с одинаковым количеством экстремумов в соответствующих сегментах, будем относить к одному классу. Тогда контуры объекта можно представить последовательностью сегментов в виде множества $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_m\}$, элементы которого описываются отношением порядка, а каждый из сегментов характеризуется числом экстремумов так, что множество $N = \{n_1, n_2, n_3, \dots, n_m\}$, элементы которого n_i представляются целыми числами. При этом элементы множества S и N связаны друг с другом отношением импликации $s_i \rightarrow n_i$.

Объекты с контурами изображений S^i, S^j относятся к одному классу, если для пары (S_i^1, N_i^1) из множества S^1 существует эквивалентная пара (S_i^2, N_i^2) для всех i .

В соответствии с изложенным, метод кластеризации объектов включает:

1. Определение особых ключевых точек на контуре изображения в порядке их следования;
2. Определение количества сегментов на контуре;
3. Задание автономных декартовых координат в каждом сегменте;

4. Определение количества точек экстремумов линии контура в каждом отдельном сегменте;

5. Кодирование множества пар (S_i, N_i) количества сегментов и в нем количества экстремумов линии контура;

6. Создание базы данных контуров изображений заданных объектов;

В соответствии с выбранной мерой близости отнесем объект к тому или иному объекту базы данных.

В качестве меры близости можно принять минимум количества сегментов, в которых число точек экстремумов отличается от одного из эталонных при одном и том же количестве сегментов. Очевидно, что два контура изображения объекта с разным количеством сегментов не могут принадлежать одному классу. Количество экстремумов всегда целое число, поэтому в каждом из сегментов число экстремумов определяется из сравнения N_k^j по модулю N_i^j число экстремумов в контуре в j -сегменте классифицируемого изображения k , число экстремумов контура заданного изображения в j -м сегменте из базы данных.

В отличие от кластеризации аналогичной правилам Хэбба [Hebb, 1949] или сетями Хопфилда [Aggarwal, 2018] представленный метод позволяет уменьшить количество нейронов за счет упрощения модели объекта без потери информативности.

Заключение

Предложенный метод кластеризации объектов является достаточно простым по сравнению с известными и позволяет значительно сократить время поиска объекта в базе данных за счет выполнения параллельного действия во всех сегментах. Поток не зависит от выбора начального сегмента, что является существенным достоинством данного метода кластеризации.

Задача кластеризации является первым этапом распознавания объекта по контурам изображений в робототехнических системах. Следующим этапом является решение задачи классификации [Haykin, 2018].

Если при кластеризации показателями контура изображения объекта служили количество сегментов и количество экстремумов точек на линии контура в каждом из сегментов, то в задаче классификации необходимо в качестве характеристик контура изображения объекта пользоваться количественными характеристиками экстремальных точек. Такими характеристиками могут служить координаты экстремальных точек в автономных системах координат отдельных сегментов. Если принять, что классифицируемые объекты одинаковы и имеют одни и те же координаты экстремальных точек в сегментах для всех объектов одного из классов, то для классификации объекта по контуру изображения достаточно сравнить множества векторов, элементами которых служат координаты по оси абсцисс каждого отдельно сегмента. Решение об отнесении объекта к одному из базы данных принимается по оценке меры близости аналогичных координат экстремальных точек. В качестве меры близости можно воспользоваться Евклидовым расстоянием сравниваемых контуров по оси абсцисс в каждом из сегментов, а затем построить двоичный вектор, единичные компоненты которого определяются соответствием точек экстремумов в рассматриваемых сегментах и, пользуясь расстоянием Хэмминга, отнести объект к соответствующему из базы данных.

Если же сравниваемые объекты имеют разные количественные данные о положении экстремальных точек в соответствующих сегментах, то сравниваются пары (x_i^j, y_i^j) координат в j -ом сегменте для точки i . Для сравнения векторов X^j в сопоставляемых объектах выбирается отображение этого вектора векторами Y^j и определяется сходство объектов по векторам Y^j . Затем для векторов Y^j выбираются соответствующие отображения X^j и определяется сходство объектов по векторам X^j . Если в соответствии с выбранной матрицей вектора эквивалентны, то объекты относят к соответствующему объекту из базы данных.

При использовании ассоциативной памяти потеря части информации или ее информационное зашумление не приводит к катастрофическому ограничению, если оставшейся информации достаточно для извлечения поиска эквивалентного образа в базе данных [Жээнбеков, Сарыбаева, 2016].

Таким образом, предложенный метод распознавания объектов по контурам изображения включает два этапа: кластеризация и классификация, использующая разные признаки контуров изображений. Он является достаточно простым и быстрым, что позволяет использовать его в системах технического зрения роботов.

Наконец, мы должны иметь в виду, что системы обнаружения объектов потребуются для дронов или роботов, которые исследуют ранее неисследованные регионы: глубокие океаны или другие планеты. Эти системы должны будут подбирать новые классы предметов, ранее не наблюдавшиеся в лабораторных условиях при их обнаружении.

Список литературы

- Aggarwal C.C. 2018. *Neural Networks and Deep Learning. A Textbook*. Springer International Publishing AG, DOI 10.1007/978-3-319-94463-0 ISBN 978-3-319-94462-3.
- Barroso-Laguna A., Riba E., Ponsa D., Mikolajczyk K. 2019. Key.Net: Keypoint detection by handcrafted and learned CNN filters //Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, 5836-5844.
- Biryukov A. 2017. Neural network clustering methods to evaluate the totality of taxpayers according to their degree of creditworthiness. *Artificial societies*. 12(1-2). URL: <https://art-soc.jes.su/s207751800000103-2-1/> DOI: 10.18254/S0000103-2-1
- Cui S., Zhong Y., Ma A., Zhang L. 2019. A Novel Robust Feature Descriptor for Multi-Source Remote Sensing Image Registration. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 919-922.
- Haykin S. 2018. *Neural Networks and Learning Machines*. 3rd Edition. Pearson.
- Hebb D.O. 1949. *The Organization of Behavior*, Wiley. New York.
- Jiang X., Ma J., Xiao G., Shao Z., Guo X. 2021. A review of multimodal image matching: Methods and applications //Information Fusion, T. 73, 22-71.
- Leng C., Zhang H., Li B., Cai G., Pei Z., He L. 2018. Local feature descriptor for image matching: A survey. *IEEE Access*, T. 7, 6424-6434.
- Protsenko M.A., Pavelyeva E.A. 2019. Iris Image Key Points Descriptors Based on Phase Congruency. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(2/W12). 167-171.
- Tikhonova V.A., Pavelyeva E.A. 2020. Hybrid Iris Segmentation Method Based on CNN and Principal Curvatures. *CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 2744, Paper 31, 1–10.
- Андреев А.Ю., Бобков С.П. 2014. Сегментация символов в изображении модифицированным методом жука. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 1(37). 85-88.
- Жээнбеков А.А., Сарыбаева А.А. 2016. Метод распознавания изображений на принципах двунаправленной ассоциативной памяти. *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)*. 1(22), 148-151.
- Павельева Е.А. 2018. Обработка и анализ изображений на основе использования информации о фазе. *Компьютерная оптика*, 42(6), 1022-1034.
- Райченко Б.В., Некрасов В.В. 2013. Практическое применение методов ключевых точек на примере сопоставления снимков со спутника «Канопус-В». *ГЕОМАТИКА №2*.

References

- Aggarwal C.C. 2018. *Neural Networks and Deep Learning. A Textbook*. Springer International Publishing AG, DOI 10.1007/978-3-319-94463-0 ISBN 978-3-319-94462-3.
- Barroso-Laguna A., Riba E., Ponsa D., Mikolajczyk K. 2019. Key.Net: Keypoint detection by handcrafted and learned CNN filters //Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, 5836-5844.
- Biryukov A. 2017. Neural network clustering methods to evaluate the totality of taxpayers according to their degree of creditworthiness. *Artificial societies*. 12(1-2). URL: <https://art-soc.jes.su/s207751800000103-2-1/> DOI: 10.18254/S0000103-2-1

- Cui S., Zhong Y., Ma A., Zhang L. 2019. A Novel Robust Feature Descriptor for Multi-Source Remote Sensing Image Registration. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 919-922.
- Haykin S. 2018. Neural Networks and Learning Machines. 3rd Edition. Pearson.
- Hebb D.O. 1949. The Organization of Behavior, Wiley. New York.
- Jiang X., Ma J., Xiao G., Shao Z., Guo X. 2021. A review of multimodal image matching: Methods and applications //Information Fusion, T. 73, 22-71.
- Leng C., Zhang H., Li B., Cai G., Pei Z., He L. 2018. Local feature descriptor for image matching: A survey. IEEE Access, T. 7, 6424-6434.
- Protsenko M.A., Pavelyeva E.A. 2019. Iris Image Key Points Descriptors Based on Phase Congruency. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42(2/W12). 167-171.
- Tikhonova V.A., Pavelyeva E.A. 2020. Hybrid Iris Segmentation Method Based on CNN and Principal Curvatures. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2744, Paper 31, 1–10.
- Andreev A., Bobkov S. 2014. Symbols segmentation in picture by modified beetle method. Sovremennyye naukoemye tekhnologii. Regional'noye prilozheniye [Modern high-tech technologies. Regional application] 1(37). 85-88.
- Zheenbekov A.A., Sarybayeva A.A. 2016. Metod raspoznavaniya izobrazheniy na printsipakh dvunapravlennoy assotsiativnoy pamyati [An image recognition method based on the principles of bidirectional associative memory]. Yevraziyskiy Soyuz Uchenykh (YESU) [Eurasian Union of Scientists (ESU)]. 1(22), 148-151.
- Paveleva E.A. 2018. Obrabotka i analiz izobrazheniy na osnove ispol'zovaniya informatsii o faze [Image processing and analysis based on the use of phase information]. Komp'yuternaya optika [Computer Optics], 42(6), 1022-1034.
- Raychenko V.V., Nekrasov V.V. 2013. Prakticheskoye primeneniye metodov klyuchevykh tochek na primere sopostavleniya snimkov so sputnika «Kanopus-V» [Practical application of key point methods on the example of comparison of images from the Kanopus-V satellite]. GEOMATIKA [GEOMATICS]. №2.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Титов Алексей Иванович, к.т.н., Руководитель отдела информационных технологий и защиты информации, Общество с Ограниченной Ответственностью «Единая Транспортная Компания», г. Белгород, Россия

Корсунов Николай Иванович, д.т.н., профессор, профессор кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexey I. Titov, Candidate of Technical Sciences, Head of the Information Technology and Information Security Department, Limited Liability Company "United Transport Company", Belgorod, Russia

Nikolay I. Korsunov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mathematical and Software Support of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

УДК № 658.56; 303.732
DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-788-797

Моделирование управления при построении системы менеджмента качества с использованием системно-объектного подхода

¹ Маторин С.И., ² Жихарев А.Г., ^{3,4} Бузов П.А., ⁴ Губкина Л.А.

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

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

³ АО «СофтКоннект»,

Россия, 308013, г. Белгород, ул. Рабочая, 14

⁴ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: matorin@bsu.edu.ru

Аннотация. В работе рассматриваются недостатки современных систем менеджмента качества, обусловленные их моделированием и проектированием средствами системно-структурного подхода. Демонстрируются возможности моделирования управления качеством в организационных системах средствами системно-объектного подхода. Описываются особенности связей/потоков управления и реализация ими некоторых общесистемных закономерностей. На основе базовой классификации связей, а также принципа построения алфавита формально-семантической нормативной системы системно-объектного подхода, предложена классификация управленческих связей и соответствующих им отчетных данных. Уточнено формальное описание системы как «Узла-Функции-Объекта» с помощью специального объекта исчисления объектов Абади-Кардели путем учета потоков управления и отчетных данных. Разработан алгоритм процедуры обеспечения качества управления процессами, использующий предложенную классификацию и четырехстороннее представление процесса.

Ключевые слова: система менеджмента качества, системно-объектный подход, классификация потоков управления и отчетных данных, процедура обеспечения качества.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 19-29-01047мк.

Для цитирования: Маторин С.И., Жихарев А.Г., Бузов П.А., Губкина Л.А. 2022. Моделирование управления при построении системы менеджмента качества с использованием системно-объектного подхода. Экономика. Информатика, 49(4): 788–797. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-788-797

Modeling Management when Building a Quality Management System Using a System-Object Approach

¹ Sergey I. Matorin, ² Alexander G. Zhikharev, ^{3,4} Pavel A. Buzov, ⁴ Lyubov A. Gubkina

¹ Belgorod University of Cooperation, Economics and Law

116a Sadovaja St., Belgorod, 308023, Russia

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

46 Kostyukova St., Belgorod, 308012, Russia

³ JSC "SoftConnect",

14 Rabochaya St., Belgorod, 308013, Russia

⁴ Belgorod National Research University

85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

Abstract. The paper discusses the shortcomings of modern quality management systems, due to their modeling and design by means of a system-structural approach. The possibilities of modeling quality management in organizational systems by means of a system-object approach are demonstrated. The features of links/flows of control and their implementation of some system-wide regularities are described. On the basis of the basic classification of links, as well as the principle of constructing the alphabet of a formally semantic normative system of the system-object approach, a classification of managerial links and their corresponding reporting data is proposed. The formal description of the system as a "Unit-Function-Object" has been refined with the help of a special object of the Abadi-Kardeli object calculus by taking into account control flows and reporting data. An algorithm for the procedure for ensuring the quality of process management has been developed, using the proposed classification and four-way representation of the process.

Keywords: quality management system, system-object approach, classification of control flows and reporting data, quality assurance procedure.

Acknowledgements: the work is supported by Russian Foundation for Basic Research, project 19-29-01047mk.

For citation: Matorin S.I., Zhikharev A.G., Buzov P.A., Gubkina L.A. 2022. Modeling Management when Building a Quality Management System Using a System-Object Approach. Economics. Information technologies, 49(4): 788–797 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-788-797

Введение

Система менеджмента качества (СМК) — это такой стиль управления организационной системой, при котором руководители, инженерно-технические работники и рабочие стремятся к улучшению качества продукции и самой системы управления предприятием. Требования к СМК изложены в международном стандарте ISO 9001. В настоящее время растет число российских фирм, которые благодаря внедрению СМК стали конкурентоспособными на рынке продукции и услуг. Внедрение СМК и сертификация по ISO 9001 обеспечивают более высокий уровень доверия партнеров и клиентов [Голубенко, Хмелевская, 2015]. Для чего нужна система менеджмента качества ГОСТ ISO 9001? [«Единый Стандарт»].

Однако «на многих предприятиях СМК являются, по существу, оппортунистическими системами, где ни менеджеры, ни исполнители, ни операторы не понимают как работает СМК и вообще не работают на нее. А по сути, остается старая система, основанная на контроле качества, селекции изделий на качественные и некачественные, кое-где есть процессы, но по-настоящему системного подхода мы не видим» [Лапидус, 2020].

При этом обзор литературы показывает, что функции, принципы и законы управления изначально предполагают обеспечение качественного функционирования объектов

управления [Еренков, Ивахненко, Сторублев, 2014]. Таким образом, можно предположить, что правильно построенное управление, обеспечивающее качественное выполнение процессов, и будет представлять собой необходимую СМК.

Для обеспечения надлежащего управления в организационной системе на этапе ее проектирования или реинжиниринга, как правило, используются средства функционального графоаналитического моделирования, как организационной системы в целом, например, [Маклаков, 2002; Дубейковски, 2004], так и СМК, например, [Шичко, 2016]. Однако, традиционные средства такого моделирования, использующие системно-структурный подход, не раскрывают системную природу самих процессов управления и управляющих потоков/воздействий.

В связи с этим целесообразно исследовать возможности системно-объектного подхода для повышения информативности графоаналитических моделей управления в организационных системах в интересах СМК.

Системно-объектное моделирование управления

Графоаналитическое моделирование в рамках системно-объектного подхода использует два вида связей, передающих потоки элементов с одного процесса на другой (как и в рамках системно-структурного подхода): продуктовые и обеспечивающие. Продуктовые связи/потоки – это преобразующиеся по горизонтали потоки, входящие в процесс в качестве некоторого исходного материала и выходящие из процесса после преобразования в качестве некоторого продукта (результата). Обеспечивающие потоки, к которым, в частности, относятся потоки управления, воздействуют на процесс преобразования продуктового потока, но сами в данном процессе не преобразуются [Бузов, Жихарев, Маторин, 2022].

При этом потоки управления все-таки преобразуются, но по вертикали и в соответствии с органограммой путем их конкретизации управленческими процессами на все более низких уровнях административной иерархии. При этом соответствующие этим управляющим потокам отчетные данные преобразуются в обратном направлении путем обобщения (см. рис. 1).

Таким образом в организационных системах реализуется принцип внешнего дополнения Бира [Stafford Beer, 1959], констатирующий тот факт, что восходящие к системному центру воздействия координируемых элементов подвергаются своеобразному «обобщению», а нисходящие от системного центра координационные импульсы подвергаются «специализации» в зависимости от характера локальных процессов за счет обратных связей от этих процессов. В работе С.И. Маторина, О.А. Зимовец, А.Г. Жихарева [2016] данный принцип сформулирован следующим образом: «Любой элемент системной иерархии обладает функцией обобщения информации от нижележащих элементов для вышестоящих элементов и функцией специализации информации от элементов верхнего яруса иерархии для элементов нижнего яруса». Принцип внешнего дополнения, по сути дела, уточняет для связей и процессов управления принцип *взаимно-дополнительных соотношений* или *комплементарности* А.А. Богданова [2003], констатирующего тот факт, что устойчивость системы достигается взаимно-дополнительными связями между её элементами в виде замкнутых контуров обратных связей.

Следовательно, моделирование управления в организационной системе – это, в первую очередь, построение иерархии классов управляющих воздействий и классов отчетных данных (см. рис. 2). На самом верхнем уровне должно располагаться самое общее (абстрактное) воздействие (указание) для более нижнего уровня административного управления, а на самом нижнем уровне конкретное воздействие, управляющее конкретным производственно-технологическим процессом. На каждом переходе с верхнего уровня на нижний уровень должен быть описан процесс конкретизации управляющей связи/потока, осуществляемый администрацией соответствующего уровня (по органи-

грамме). При этом должна существовать иерархия отчетных данных изоморфная иерархии потоков управления. На том уровне, где потоки управления непосредственно входят в управляемые ими процессы преобразования исходного материала в конечный продукт, они не преобразуются (см. рисунки ниже).

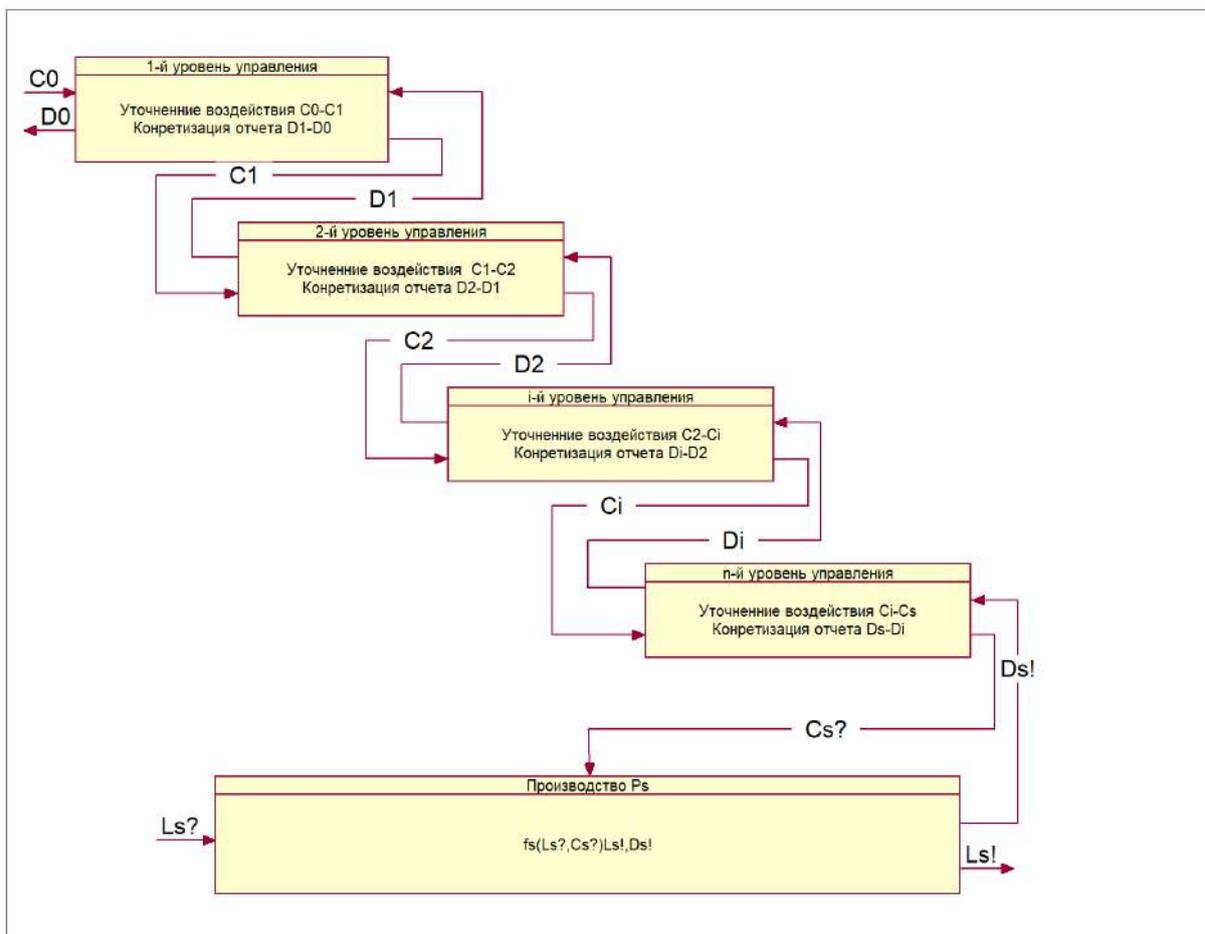


Рис. 1. Преобразование потоков управления и отчетных данных
Fig. 1. Transformation of control flows and reporting data



Рис. 2. Иерархии потоков управления и отчетных данных
Fig. 2. Hierarchies of control flows and reporting data

В рамках системно-объектного подхода (в отличие от системно-структурного) используется так называемая базовая классификация связей, в которой абстрактный класс «Связь (L)» делится на подклассы: «Материальная связь (M)» и «Информационная связь (I)»; класс материальных связей делится на подклассы: «Вещественная связь (V)» и «Энергетическая связь (E)», класс информационных связей на подклассы: «Связь по данным (D)» и «Управляющая связь (C)». Здесь и далее для обозначения вещественных связей используется символ V в связи с тем, что символ S зарезервирован для обозначения систем [Теория систем и системный анализ..., 2021].

Используя базовую классификацию связей, а также принцип построения алфавита формально семантической нормативной системы (например, [Маторин, Михелев, Жихарев, 2020; Matorin, Mikhelev, 2021]) можно построить классификацию управляющих потоков/связей и соответствующих отчетных данных, представленную в табл. 1 ниже.

Таблица 1
Table 1

Описание классификации потоков управления и отчетных данных
Description of the classification of control flows and reporting data

№	Обозначение:	Наименование:
1	L	Связь
2	M	Материальная
3	V	Вещественная
4	E	Энергетическая
5	I	Информационная
6	D	Данные
7	dd	декларативные данные
8	dp	процедурные данные
9	dpo	организационные данные
10	dpoi	индикация состояния процесса (вкл./выкл.)
11	dpoa	индикация хода выполнения процесса, времени
12	dpt	технические данные
13	dptr	данные о результате процесса
14	dptt	данные о технологии выполнения процесса
15	C	Управление
16	cd	управление данными (статикой)
17	cp	управление процессами (динамикой)
18	cpo	организационное управление (организация процесса)
19	cpoi	инициализация процесса (пуск/стоп)
20	cpoa	упорядочение этапов процесса (план, график, время)
21	cpt	техническое управление (параметрами процесса)
22	cptr	требования к результату (техническое задание, стандарт на ТЗ)
23	cptt	требования к технологии процесса (техпроцесс, стандарт на ТП)

Управление качеством

Качество – это совокупность характеристик объекта (процесса, продукции, организации или любой их комбинации), относящихся к его способности удовлетворять установленные и ожидаемые потребности [Гончаров, Колесникова, Ширяева, 2015]. Т.е. качество

– это характеристики объекта или процесса, удовлетворяющие требованиям. Таким образом, если процесс удовлетворяет предъявляемым требованиям, значит он качественный и СМК выполняет свои функции.

Удовлетворяет или нет процесс требованиям определяется соответствием управляющего воздействия **Cs?** отчетным данным о процессе **Ds!** (**Cs?** → **Ds!**), которые должны быть на выходе управляемого процесса, кроме основного продуктового выхода (см. рис. 1, процесс **Ps**). Если управляющий поток не соответствует отчетным данным (**Cs?** /→ **Ds!**), то управление корректируется для обеспечения соответствия процесса требованиям управления: (**Cs?** /→ **Ds!**) ⇒ (**Cs?** + **Cs?***): **Ps** → **Cs?**. Однако справедливо, если отчетные данные адекватно (правильно) отображают состояние управляемого процесса. Если отчетные данные неадекватно отображают состояние управляемого процесса, то предварительно необходимо обеспечить соответствие отчетных данных реальному состоянию процесса.

Таким образом, процедуру обеспечения качества выполнения процесса в общем виде можно представить в виде двух следующих очевидных шагов.

1. Проверка соответствия отчетных данных **Ds!** реальной ситуации с управляемым процессом **Ps**. Обеспечение этого соответствия (при его отсутствии) путем получения достоверных отчетных данных **Ds!***.

2. Проверка соответствия достоверных отчетных данных **Ds!***, отражающих реальную ситуацию с управляемым процессом управляющему воздействию **Cs?**. Обеспечение этого соответствия (при его отсутствии) путем создания дополнительного управляющего воздействия **Cs?***, которое вместе с управляющим воздействием **Cs?**, приведет к соответствию между **Ds!*** и **Cs?** и, таким образом, к соответствию между **Ps** и **Cs?**.

Данную процедуру можно описать более подробно с помощью приведенной выше классификации потоков управления и отчетных данных, что повысит точность управления качеством процессов.

Для этого предварительно рассмотрим формальное описание системы с учетом потоков управления и отчетных данных. В рамках системно-объектного подхода система формально описывается с помощью специального объекта исчисления объектов Абади-Кардели [Теория систем и системный анализ..., 2021]. В данном случае это описание уточняется путем учета потоков управления и отчетных данных следующим образом:

$$s = [(Ls?, Cs?, Ls!, Ds!); fs(Ls?,Cs?)Ls!,Ds!; (Os?, Ocs?, Os!, Ods!, Osf)],$$

где **Ls?** — поле специального объекта для описания множества входящих продуктовых потоков системы **s**; **Ls!** — поле специального объекта для описания множества выходящих продуктовых потоков системы **s**; **Cs?** — поле специального объекта для описания множества входящих обеспечивающих (управляющих) потоков системы **s**; **Ds!** — поле специального объекта для описания множества выходящих обеспечивающих (отчетных данных) потоков системы **s**.

fs(Ls?,Cs?)Ls!,Ds!, где **fs** — метод специального объекта (функция/процесс **Ps** системы **s**) с областью определения **Ls?,Cs?** и областью значений **Ls!,Ds!**, соответственно.

Os? — множество полей, которое содержит интерфейсные характеристики продуктового входа специального объекта системы **s**; **Ocs?** — множество полей, которое содержит интерфейсные характеристики управляющего входа специального объекта системы **s**; **Os!** — множество полей, которое содержит интерфейсные характеристики продуктового выхода специального объекта системы **s**; **Ods!** — множество полей, которое содержит интерфейсные характеристики отчетного выхода специального объекта системы **s**; **Osf** — множество полей, которое содержит передаточные характеристики специального объекта системы **s**.

Данное представление системы позволяет рассматривать **Ps** как объект управления (процесс) с четырех сторон, которые условно обозначим следующим образом:

- Ls?** – состояние процесса (вкл/выкл);
fs – ход процесса (этапы, график, время).
fs(Ls?)Ls! – технология выполнения процесса;
Ls! – результат процесса;

Используя данное четырехстороннее представление процесса, а также классификацию управляющих и отчетных связей, представленную выше процедуру обеспечения качества можно развернуть в виде следующего алгоритма.

0. Запуск процесса **Ps**.

1. **ср0i** → **др0i** (*соответствие инициализации процесса индикации состояния процесса / запущен ли процесс?*). Если да, то 2. Если нет, то 0.

2. **др00** = \emptyset (*есть данные о выполнении процесса*). Если да, то 3. Если нет, то 0 (*это значит, что др0i не соответствует реальной характеристике Ls? процесса Ps*).

3. **ср00** → **др00** (*соответствие графика/времени выполнения процесса данным о ходе/времени выполнения*). Если да, то 5. Если нет, то 4.

4. **ср00** = **ср00** + **ср00*** (*введение дополнительного управляющего воздействия для обеспечения выполнения 3*) и далее 0.

5. **дптt** = \emptyset (*есть данные о технологии выполнения процесса*). Если да, то 6. Если нет, то 0 (*это значит, что др00 не соответствует реальной характеристике fs процесса Ps*).

6. **сптt** → **дптt** (*соответствие требований к технологии процесса отчетным данным о технологии выполнения процесса / соблюдается ли технология?*). Если да, то 8. Если нет, то 7.

7. **сптt** = **сптt** + **сптt*** (*введение дополнительного управляющего воздействия для обеспечения выполнения 6*) и далее 0.

8. **дптр** = \emptyset (*есть данные о результате выполнения процесса*). Если да, то 9. Если нет, то 0 (*это значит, что дптt не соответствует реальной характеристике fs(Ls?)Ls! процесса Ps*).

9. **сптр** → **дптр** (*соответствие требований к результату данным о результате*). Если да, то 11. Если нет, то 10.

10. **сптр** = **сптр** + **сптр*** (*введение дополнительного управляющего воздействия для обеспечения выполнения 9*) и далее 0.

11. Функционально-стоимостный анализ в соответствии с [Бузов, Жихарев, Маторин, 2022] и если результаты не устраивают, то изменение **ср** и далее 0.

В представленном алгоритме соответствие отчетных данных о процессе реальным характеристикам процесса обеспечивается за счет косвенного контроля предыдущих данных на следующем этапе и выполнения итерационной процедуры в случае отсутствия этого соответствия.

Как было показано выше, для использования представленного выше алгоритма управления качеством необходимо разработать механизм корректировки управляющего воздействия в случае несоответствия отчетных данных об управляемом процессе требованиям управления. Такой механизм может быть разработан с помощью системно-объектного имитационного моделирования управляемого процесса [Жихарев, Маторин, Зайцева, 2015; Маторин, Жихарев, Зайцева, 2015; Zhikharev, Matorin, Egorov, 2018; Теория систем и системный анализ..., 2021].

При этом необходимо использовать две модели процесса. Первая модель **M1** управляемого процесса **Ps** по определению выдает отчетные данные **др** соответствующие самому процессу **Ps** и требованиям к нему **ср**. Вторая модель **M2** строится таким образом, что она выдает несоответствующие требованиям **ср** (но соответствующие модельному процессу) отчетные данные **др*** такие, которые получены в результате выполнения реального процесса. Сравнение (\diamond) первой **M1** и второй **M2** моделей позволяет сформулировать корректирующие управляющее воздействие **ср***: **M1** \diamond **M2** \Rightarrow **ср** + **ср***: **ср** → **др**.

Заключение

Таким образом, объединение классификации управляющих потоков/связей, построенной по принципу алфавита формально-семантической нормативной системы, и четырех аспектного представления процесса позволяет создать алгоритм всестороннего обеспечения качества управляемого процесса.

Приведенный алгоритм за счет более подробного описания процесса и управляющих потоков описывает процедуру обеспечения качества управляемого процесса более подробно и с системной точки зрения, что, в свою очередь, позволит функционировать СМК более точно и корректно.

Задача обеспечения соответствия отчетных данных реальному процессу решается в алгоритме с помощью итерационных процедур, а задачи определения корректирующего управляющего воздействия с помощью технологии имитационного моделирования.

Список литературы

- Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2021. Formal-semantic normative system for graphic-analytical modelling. *Journal of Physics: Conference Series* 2060. 012020.
- Stafford Beer. 1959. *Cybernetics and Management*. London: English Universities Press. 214 p.
- Zhikharev A., Matorin S., Egorov I. 2018. Formal principles of system object simulation modeling of technological and production processes. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. Special is. 10: 1806-1812.
- Богданов А.А. 2003. *Тектология: Всеобщая организационная наука*. Сост., предисловие и комментарии Г.Д. Гловели, послесловие В.В. Попкова. М.: «Финансы», 496 с.
- Бузов П.А., Жихарев А.Г., Маторин С.И. 2022. Функционально-стоимостной анализ для системы менеджмента качества. *Научный результат. Информационные технологии*. 2: 35-41.
- Голубенко О.А., Хмелевская С.А. 2015. Плюсы и минусы системы менеджмента качества, как инструмент внедрения системы. *Евразийский союз ученых. Технические науки*, 1(10).
- Гончаров В.Н., Колесникова В.В., Ширяева И.В. 2015. Теоретические подходы к определению понятия «качество». *Экономинфо*. 23: 53-57.
- Для чего нужна система менеджмента качества ГОСТ ISO 9001? «Единый Стандарт». URL: <https://1cert.ru/vopros-otvet/dlya-chego-nuzhna-sistema-menedzhmenta-kachestva-gost-iso-9001>
- Дубейковский В.И. 2004. *Практика функционального моделирования с AllFusion Process Modeler 4.1. Где? Зачем? Как?* М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 464 с.
- Еренков О.Ю., Ивахненко А.Г., Сторублев М.И. 2014. *Системы и модели менеджмента качества*. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 127 с.
- Жихарев А.Г., Маторин С.И., Зайцева Н.О. 2015. Системно-объектное имитационное моделирование транспортных и технологических процессов. *Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика*. 7 (34): 159-169.
- Лapidус В. 2020. Система систем менеджмента, новые подходы к менеджменту качества и производительности. «Business Excellence». 2020. 10. URL: <https://ria-stk.ru/ds/adetail.php?ID=192985>
- Маклаков С. В. 2002. *Моделирование бизнес-процессов с Vpwin 4.0*. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 224 с.
- Маторин С. И., Михелев В.В., Жихарев А. Г. 2020. Нормативная система системно-объектного анализа и моделирования. *Экономика. Информатика*. 3: 623-637.
- Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зайцева Н.О. 2015. Системно-объектный инструментальный для имитационного моделирования технологических процессов и транспортных потоков. *Искусственный интеллект и принятие решений*. 4: 72-80.
- Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. 2016. Общесистемные принципы в терминах системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект». *Труды ИСА РАН*. 1: 10-17.
- Теория систем и системный анализ: учебник 2021. А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцев, А.А. Кондратенко; под ред. С.И. Маторина. Москва: КНОРУС, 456 с.
- Шичков Н.А. 2016. *Управление процессами системы менеджмента качества*. Санкт Петербург: УМЦ Бизнес Класс, 33 с.

References

- Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2021. Formal-semantic normative system for graphic-analytical modelling. *Journal of Physics: Conference Series* 2060. 012020.
- Stafford Beer. 1959. *Cybernetics and Management*. London: English Universities Press. 214 p.
- Zhikharev A., Matorin S., Egorov I. 2018. Formal principles of system object simulation modeling of technological and production processes. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. Special is. 10: 1806-1812.
- Bogdanov A.A. 2003. *Tektologiya: Vseobshchaya organizatsionnaya nauka [Tectology: A General Organizational Science]*. Compiled, foreword and comments by G.D. Gloveli, afterword by V.V. Popkov. M.: "Finance", 496 p.
- Buzov P.A., Zhikharev A.G., Matorin S.I. 2022. Funktsional'no-stoimostnoy analiz dlya sistemy menedzhmenta kachestva [Functional cost analysis for a quality management system]. *Scientific result. Information Technology*. 2: 35-41.
- Golubenko O.A., Khmelevskaya S.A. 2015. Plyusy i minusy sistemy menedzhmenta kachestva, kak instrument vnedreniya sistemy [Pros and cons of the quality management system as a tool for implementing the system]. *Eurasian Union of Scientists. Technical sciences*. 1(10).
- Goncharov V.N., Kolesnikova V.V., Shirayeva I.V. 2015. Teoreticheskiye podkhody k opredeleniyu ponyatiya «kachestvo» [Theoretical approaches to the definition of the concept of "quality"]. *Economicinfo*. 23: 53-57.
- Dlya chego nuzhna sistema menedzhmenta kachestva GOST ISO 9001? [What is the GOST ISO 9001 quality management system for?] «Unified Standard». URL: <https://1cert.ru/vopros-otvet/dlya-chego-nuzhna-sistema-menedzhmenta-kachestva-gost-iso-9001>
- Dubeykovskiy V. I. 2004. *Praktika funktsional'nogo modelirovaniya s AllFusion Process Modeler 4.1. Gde? Zachem? Kak? [Practice of functional modeling with AllFusion Process Modeler 4.1. Where? What for? How?]*. Moscow: DIALOG-MIFI, 464 p.
- Yerenkov O.YU., Ivakhnenko A. G., Storublev M. JI. 2014. *Sistemy i modeli menedzhmenta kachestva [Systems and models of quality management]*. Khabarovsk: Pacific State University Press, 127 p.
- Zhikharev A.G., Matorin S.I., Zaytseva N.O. 2015. Sistemno-ob'yektnoye imitatsionnoye modelirovaniye transportnykh i tekhnologicheskikh protsessov [System-object simulation of transport and technological processes]. *Scientific statements of BelSU. Ser. Economy. Informatics*. 7(34): 159-169.
- Lapidus V. 2020. *Sistema sistem menedzhmenta, novyye podkhody k menedzhmentu kachestva i proizvoditel'nosti [System of management systems, new approaches to quality and performance management]*. «Business Excellence». 2020. 10. URL: <https://ria-stk.ru/ds/adetail.php?ID=192985>
- Maklakov S. V. 2002. *Modelirovaniye biznes-protsessov s BPwin 4.0 [Business process modeling with BPwin 4.0]*. Moscow: DIALOG-MIFI, 224 p.
- Matorin S.I., Mikhelev V.V., Zhikharev A.G. 2020. Normativnaya sistema sistemno-ob'yektnogo analiza i modelirovaniya [Normative system of system-object analysis and modeling]. *Economy. Informatics*. 3: 623-637.
- Matorin S.I., Zhikharev A.G., Zaytseva N.O. 2015. Sistemno ob'yektnyy instrumentariy dlya imitatsionnogo modelirovaniya tekhnologicheskikh protsessov i transportnykh potokov [System Object Toolkit for Simulation of Technological Processes and Traffic Flows]. *Artificial intelligence and decision making*. 4:72-80.
- Matorin S.I., Zimovets O.A., Zhikharev A.G. 2016. Obshchesistemnyye printsipy v terminakh sistemno-ob'yektnogo podkhoda «Uzel-Funktsiya-Ob'yekt» [System-wide principles in terms of the system-object approach "Unit-Function-Object"]. *Proceedings of the ISA RAS*. 1: 10-17.
- Teoriya sistem i sistemnyy analiz [Systems theory and system analysis]: textbook 2021. A.G. Zhikharev, O.A. Zimovets, M.F. Tuboltsev, A.A. Kondratenko; ed. S.I. Matorina. Moscow: KNORUS, 456 p.
- Shichkov N.A. 2016. *Upravleniye protsessami sistemy menedzhmenta kachestva [Process management of the quality management system]*. St. Petersburg: UMC Business Class, 33 p.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Маторин Сергей Игоревич, д.т.н., профессор, профессор кафедры информационных систем и технологий Белгородского университета кооперации, экономики и права г. Белгород, Россия

Жихарев Александр Геннадиевич, д.т.н., доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Бузов Павел Андреевич, генеральный директор АО «СофтКоннект», аспирант Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия.

Губкина Любовь Алексеевна, аспирант Белгородского государственного национального исследовательского университета г. Белгород, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergey I. Matorin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Systems and Technologies of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia

Alexander G. Zhikharev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Software and Automated Systems Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Pavel A. Buzov, CEO of SoftConnect JSC, Postgraduate Student of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia.

Lyubov A. Gubkina, Postgraduate Student, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 681.58

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-798-809

Метод и алгоритм распознавания аварийной ситуации при перестроении автомобильными системами активной безопасности

Киреев В.А., Бобынцев Д.О.

Юго-Западный государственный университет,
Россия, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94
E-mail: avadimsa@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена вопросам борьбы с дорожно-транспортными происшествиями посредством автомобильных информационно-управляющих систем активной безопасности. Рассматриваются аварийные ситуации, возникающие в результате ошибок, допускаемых водителями при перестроении. Определены общие принципы работы существующих систем помощи при перестроении, главным недостатком является недостаточная проработка вопроса реакции системы на неверные действия водителя, которые могут привести к дорожно-транспортным происшествиям. Целью исследования является повышение эффективности работы систем помощи при перестроении посредством метода обнаружения аварийной ситуации, отличающегося измерением условного бокового интервала между транспортными средствами в соседних полосах по данным, поступающим с радарного датчика, и распознаванием намерения водителя совершить перестроение по производной условного бокового интервала. Дополнительным критерием принятия решения об аварийной ситуации в предлагаемом методе является оценка безопасности условной дистанции по правилу трёх секунд, измеряемой по данным радарного датчика. Метод предлагается применять в легковых автомобилях, оборудуемых системой помощи при перестроении. Для проверки работы метода и уточнения применяемых параметров планируется имитационное моделирование дорожного движения автомобиля с системой помощи, использующей данный метод.

Ключевые слова: системы активной безопасности, дорожно-транспортные происшествия, системы помощи при перестроении, радарные датчики, аварийная ситуация.

Для цитирования: Киреев В.А., Бобынцев Д.О. 2022. Метод и алгоритм распознавания аварийной ситуации при перестроении автомобильными системами активной безопасности. Экономика. Информатика, 49(4): 798–809. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-798-809

Method and Algorithm for Recognizing an Emergency Situation when Overriding Vehicle Active Safety Systems

Vadim A. Kireev, Denis O. Bobyntsev

Southwest State University, 94,
50 Let Oktyabrya Street, Kursk, 305040, Russia
E-mail: daniel8728@yandex.ru

Abstract. The paper is devoted to the issues of combating road traffic accidents (TRAFFIC ACCIDENT) by means of automotive information and control systems of active safety. Accidents arising as a result of mistakes made by drivers when changing lanes are considered. The general principles of the existing systems of assistance at changing lanes are defined, the main drawback being the insufficient elaboration of the system reaction to the wrong actions of the driver, which can lead to an accident. The aim of the research is to improve the efficiency of the lane change-over assist systems by means of the method of emergency situation detection, characterized by measuring the conditional lateral interval between vehicles in neighboring lanes according to the data coming from a radar sensor, and recognizing the driver's intention to make a lane change according to the derivative of the conditional lateral interval. An additional criterion of making a decision about an emergency situation in the proposed method is the safety assessment of the conditional distance according to the rule of three seconds measured also by data from a radar sensor. The method is proposed to be used in passenger cars equipped with a system of Lane Change Assist. To verify the method and refine the parameters used, a simulation of the road traffic of a car with an assist system using this method is planned.

Keywords: active safety systems, traffic accidents, Lane Change Assist Systems, radar sensors, emergency situation.

For citation: Kireev V.A., Bobyntsev D.O. 2022. Method and Algorithm for Recognizing an Emergency Situation when Overriding Vehicle Active Safety Systems. Economics. Information technologies, 49(4): 798–809 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-798-809

Введение

В современном мире в условиях высокого уровня автомобилизации населения важным аспектом качества жизни граждан является безопасность на автомобильных дорогах. Особенную актуальность данная проблема имеет в Российской Федерации, где количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на дорогах остаётся высоким и приводит как к гибели людей, так и к ущербу транспортного средства, возмещение которого, как правило, сопряжено с высокими материальными затратами. Для борьбы с ДТП применяются различные методы извне: строительство безопасных и качественных дорог, интеллектуальных транспортных систем [Бобынцев и др., 2018; Бобынцев и др., 2018; Бобынцев, Гаврилюк, 2021], а также изнутри, например, применение в транспортных средствах систем активной безопасности [Бакулов, 2021; Комзалов, Шилов, 2017; Порубов и др., 2020; Порубов и др., 2019; Сысоева, 2012; Тумасов и др., 2020; Юдин, 2016].

ДТП имеют различные виды и совершаются при разных обстоятельствах. Основной причиной ДТП при перестроении в другой ряд является незаметность транспортных средств в соседних полосах, неправильная оценка водителем обстановки в соседних полосах перед манёвром или отсутствие таковой оценки. Для решения данной проблемы производители автомобилей разрабатывают системы помощи при перестроении [Береснев и др., 2021; Бобынцев, Киреев, 2022; Киреев, Бобынцев, 2021; Цветков и др., 2015].

В известных системах помощи в соседних рядах выявляются в основном при помощи радарных датчиков [Еномян, Айвазян, 2017; Жигунова, 2016; Кулакова, 2021; Парнес, 2008;

Сысоева, 2009; Сысоева, 2007; Шишанов, Мякинков, 2015]. При возникновении опасной ситуации система помощи при перестроении оповестит водителя звуковым сигналом или иконкой на панели приборов, возможен и комбинированный вариант (иконка на панели приборов и звуковое сопровождение). Однако большинство таких систем не предполагают реакцию на попытку водителя совершить манёвр перестроения, несмотря на предупреждения о помехе, данные из открытых источников не позволяют говорить о том, что в данных системах уделяется достаточное внимание вопросу обнаружения намерения совершить перестроение. Например, включение указателей поворота нельзя считать достаточным критерием, так как, к сожалению, далеко не все водители пользуются ими при манёврах перестроения.

Тем не менее, Volvo уже применяет активное подруливание как функцию систем помощи водителю, позволяющую системе самостоятельно принимать меры по предотвращению ДТП при отсутствии должной реакции со стороны водителя [Volvo, 2018]. Система вмешивается в процесс рулевого управления и возвращает автомобиль обратно на исходную полосу. Активное подруливание с целью предотвращения ДТП при перестроении применяется только при попадании помехи в «слепую зону». Для распознавания манёвра перестроения используется функция предупреждения о сходе с занимаемой полосы, имеющая существенные недостатки, связанные с условиями применения: скорость от 65 до 200 км/ч и только на дорогах с чёткой разметкой. Это позволяет сделать вывод, что данная система будет актуальна только при движении вне населённого пункта, а функция активного подруливания не будет работать при плохой видимости дорожной разметки или её полном отсутствии, что на сегодняшний день всё ещё является вполне естественным явлением для российских автомобильных дорог. Кроме того, в зимних условиях обеспечить необходимую для систем распознавания образов видимость разметки является сложной задачей в российских реалиях. Следовательно, существующая функция активного подруливания обладает значительно ограниченной сферой применения, поэтому для обнаружения намерения водителя совершить перестроение требуется более эффективный и универсальный метод.

Таким образом, существующие системы помощи при перестроении основаны преимущественно на предупреждении в той или иной форме о наличии помехи в соседней полосе и не предполагают какой-либо реакции со стороны системы, если водитель всё же начинает манёвр перестроения, несмотря на предупреждения. При этом единственная известная система, в которой заложена такая реакция, использует методику распознавания, существенно ограничиваемую дорожными условиями и скоростным режимом. Поэтому для расширения борьбы с ДТП при перестроениях актуальной является задача более эффективного обнаружения попытки водителя совершить манёвр. Для решения этой задачи предлагается использовать применяемые в большинстве систем помощи при перестроении радарные датчики. Рассмотрим принципы их действия.

Объекты и методы исследования

Радары позволяют обнаруживать, отслеживать объекты и обрабатывать изображения. Основными преимуществами радаров перед ультразвуковыми, оптическими, лазерными и тепловыми методами являются: невидимый монтаж за непроводящими материалами, работа в любых погодных условиях, возможность работы в жестких автомобильных условиях, быстродействие и возможность параллелизации измерений, малая интерференция с другими системами, практически полное отсутствие старения, а также высокая точность и надежность предоставляемой информации.

Основными компонентами радара являются: передатчик, антенна и приёмник. Принцип действия радара состоит в обнаружении объекта в зоне действия радиосигнала и описан в работе [Сысоева, 2007].

После обнаружения объекта радар отслеживает его положение или скорость. Моностатический радар измеряет положение в сферической координатной системе с начальной точкой в фазовом центре антенны радара. Направление обзора антенны, называемое

boresight direction, лежит вдоль оси X . Угол θ называется углом азимута; для анализа положения используется также угол повышения φ , который зависит от ориентации антенны (рис. 1). В большинстве современных радарных систем φ можно не учитывать.

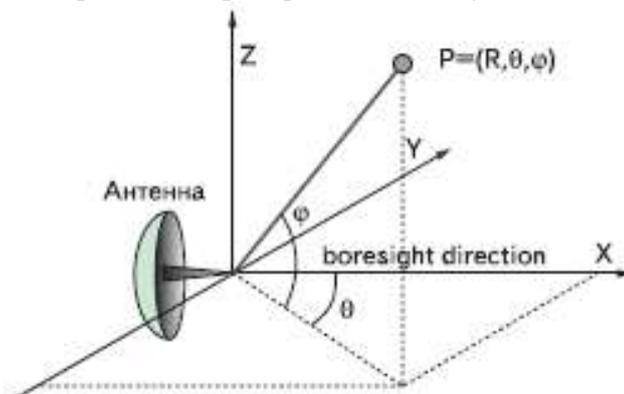


Рис. 1. Сферическая координатная система для радарных измерений
Fig. 1. Spherical coordinate system for radar measurements

Угловое положение определяется путем анализа свойств отраженного волнового сигнала. Радар определяет цель за счёт получения угла азимута относительно опорной линии или точки радарной антенны и расстояния. Угол азимута цели определяется как угловое расстояние между опорной линией антенны (в направлении перпендикуляра от опорной точки антенны boresight) и прямой, соединяющей опорную точку радарной антенны и апертурную точку цели – ближайшую точку цели.

Методика определения угла азимута цели, расстояния до цели и её скорости описана в работе [Сысоева, 2007]. Определение угла азимута цели является главным фактором, позволяющим определить посредством радарного датчика, что движущееся позади транспортное средство находится в соседнем ряду, а не в том же, что и автомобиль с радарным датчиком. Рассмотрим ситуацию, когда два автомобиля движутся по соседним полосам и находятся при этом на некотором фронтальном расстоянии друг от друга (рис. 2): автомобиль D (с системой помощи при перестроении) и автомобиль G.

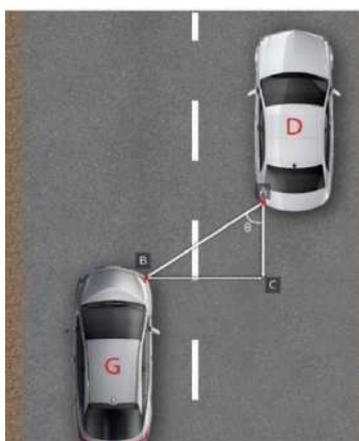


Рис. 2. Обнаружение объекта
Fig. 2. Object detection

Результаты и их обсуждение

Пусть радарный датчик установлен на левом краю заднего бампера автомобиля D и его антенна имеет направление обзора назад параллельно продольной оси автомобиля. Обозначим A как опорную точку радарной антенны, B – апертурную точку цели. Луч AC – направление обзора (опорная линия) антенны. Пусть точка C является точкой пересечения

опорной линии антенны и перпендикуляра, опущенного на опорную линию из точки В, таким образом, точки А, В и С образуют прямоугольный треугольник. Радарный датчик позволяет определить гипотенузу этого треугольника как расстояние до цели и один из углов между катетом и гипотенузой как θ – угол азимута.

В правилах дорожного движения используются понятия дистанции и бокового интервала. Дистанция – это минимальное расстояние между фронтальными бортами автомобилей, которые движутся друг за другом. Боковой интервал – это минимальное расстояние между боковыми бортами автомобилей, движущихся параллельно по соседним полосам, позволяющее свободно маневрировать на дороге. Безопасная дистанция – это дистанция, которая позволяет при появлении опасности гарантированно остановиться, не столкнувшись с транспортным средством впереди. На основании рис. 2 введём понятие условной дистанции и условного бокового интервала.

Условной дистанцией будем считать минимальное расстояние между фронтальными бортами транспортных средств в соседних полосах, как если бы они следовали по одной полосе. Условным боковым интервалом будем считать минимальное расстояние между боковыми бортами транспортных средств в соседних полосах, как если бы они следовали рядом друг с другом. На рис. 2 отрезок АС – условная дистанция, а отрезок ВС – условный боковой интервал. Таким образом, представляется возможным, получая от радарного датчика угол азимута и расстояние до цели, вычислять данные величины. При этом следует учитывать, что форма кузова многих современных автомобилей не является строго прямоугольной на виде сверху. Закругления бамперов могут сместить апертурную точку цели относительно её истинных габаритов, поэтому при расчёте указанных величин необходимо учитывать погрешность измерения приблизительно 10 – 20 см.

Отметим, что взаимное расположение автомобиля с системой помощи при перестроении и его помехи не всегда будет таким, как на рис. 2. Тем не менее, некоторые существующие системы помощи при перестроении, например, Audi Side Assist используют радарные датчики с двумя антеннами, одна из которых посылает луч назад, а другая – вбок, датчик переключается с одной на другую 15 раз в секунду. Таким образом достигается сканирование пространства не только позади линии заднего борта машины, но и частично впереди неё, что позволяет не терять из виду помеху, которая уже догнала автомобиль с системой помощи при перестроении, но ещё находится позади кресла водителя, вынуждая его смотреть в боковое зеркало или поворачивать голову назад (рис. 3).

Это означает, что для полного покрытия пространства, которое необходимо сканировать, и корректного вычисления условного бокового интервала, необходимо использовать такой датчик с двумя антеннами, у одной из которых направление обзора будет параллельно продольной оси, а у другой – перпендикулярно в сторону полосы, на которой радар ищет помеху.



Рис. 3. Зона сканирования
Fig. 3. Scanning area

Определим порядок расчёта условной дистанции и условного бокового интервала на рис. 2 по законам тригонометрии. Условным боковым интервалом является катет BC , длина которого вычисляется по формуле (1):

$$BC = \sin(\theta) \times AB. \quad (1)$$

Условной дистанцией является катет AC , длина которого вычисляется по формуле (2):

$$AC = \cos(\theta) \times AB. \quad (2)$$

Введём критерий для определения намерения совершить перестроение. Признаком намерения водителя совершить перестроение можно считать быстрое сокращение условного бокового интервала между ним и его помехой на соседней полосе, что может означать движение в сторону соседней полосы. Когда помехи на полосе нет и для расчёта условного бокового интервала нет исходных данных, то есть ничто и не препятствует совершению перестроения, поэтому данный случай не представляет интереса. Исходя из этого, для определения намерения водителя совершить перестроение предлагается в равные предельно малые промежутки времени измерять условный боковой интервал b . С математической точки зрения скорость изменения некоторой функции в заданной точке есть производная этой функции – предел отношения приращения функции к приращению аргумента при стремлении приращения аргумента к нулю. Измеряя боковой интервал в предельно малые промежутки времени, представляется возможным численно определить производную условного бокового интервала по времени:

$$b'(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta b}{\Delta t}. \quad (3)$$

Так как радарный датчик позволяет нам вычислять лишь значения Δb , то есть отсутствует аналитическое представление функции условного бокового интервала. Для определения приближённого значения производной будем использовать простейшую формулу численного дифференцирования:

$$b'(t) = \frac{b(t) - b(t-h)}{h}, \quad (4)$$

где h – интервал времени, в который измеряется условный боковой интервал (шаг дифференцирования), $b(t-h)$ – условный боковой интервал в начале временного промежутка, $b(t)$ – условный боковой интервал в конце временного промежутка.

Выбрав пороговое значение производной условного бокового интервала, а также минимально допустимую величину интервала, представляется возможным использовать указанные данные для определения намерения водителя совершить перестроение. Однако сам факт начала манёвра перестроения при наличии помехи на соседней полосе в зоне действия радарного датчика ещё не означает наличие аварийной ситуации, так как для её определения недостаточно обозначенных факторов. Необходимо учитывать также скорость помехи и условную дистанцию, рассчитываемую на основании данных датчика. Если после завершения перестроения дистанция между автомобилем с системой помощи и его помехой окажется небезопасной, то возникает опасность фронтального столкновения. Следовательно, для безопасного перестроения должна быть условная дистанция, то есть система помощи должна выполнять оценку этого фактора. Рассмотрим варианты определения безопасности дистанции.

Пункт 9.10 Правил дорожного движения гласит, что «водитель должен соблюдать такую дистанцию до движущегося впереди транспортного средства, которая позволила бы из-

бежать столкновения, а также необходимый боковой интервал, обеспечивающий безопасность движения». Обе эти величины автомобилист должен определять самостоятельно. Для того, чтобы определить безопасную дистанцию существуют множество приемов. Один из них – на сухой дороге необходимо текущую скорость делить надвое. Например, при скорости автомобиля 100 км/ч безопасная дистанция до движущейся впереди машины составит 50 метров. Данный способ работает только на сухой дороге и преимущественно на загородном шоссе. В случае неблагоприятных климатических условий, например, дождя или снега, безопасная дистанция будет равна скорости движения транспортного средства.

Для поездок по городу существует следующая рекомендация – эффективное расстояние на городской дороге должно составлять 2/3 корпуса транспортного средства. В применении к легковым авто это 3 – 4 метра. На перекрестках необходимо выдержать дистанцию 2 – 3 метра и этого достаточно, чтобы в случае удара сзади автомобиль не задел соседа впереди и машины на другой полосе.

Все перечисленные способы не универсальны и для их использования в системе помощи при перестроении требуется учитывать множество факторов, не все из которых представляется возможным сообщать бортовому компьютеру автомобиля, поэтому необходим подход, позволяющий принять верное решение о безопасности условной дистанции в подавляющем большинстве случаев и зависящий только от скорости помехи. Наиболее подходящим для этого является правило 3 секунд.

«Дистанция в 3 секунды» – это расстояние, которое проходит автомобиль за 3 секунды, сохраняя текущую скорость движения, это расстояние и считается безопасной дистанцией [Методика защитного вождения, 2016]. Целесообразность выбора 3 секунд объясняется следующими факторами: 1,5 секунды необходимо на то, чтобы отреагировать на опасную ситуацию, 0,5 секунды необходимо для срабатывания тормозной системы и 1 секунда в качестве запаса времени на торможение.

Для расчёта безопасной дистанции по правилу 3 секунд используется следующая формула (5):

$$D = \frac{V \times 1000}{3600} \times 3, \quad (5)$$

где D – безопасная дистанция, а V – текущая скорость автомобиля.

Например, в соответствии с данным правилом безопасная дистанция для автомобиля, движущегося со скоростью 60 км/час, составляет 50 м.

Исследования показывают, что в большинстве случаев определение безопасной дистанции по правилу 3 секунд позволяет избежать фронтального столкновения транспортных средств, двигающихся в попутном направлении, независимо от других факторов. Поэтому данное правило рекомендовано правоохранительными органами стран мира, в том числе и ГИБДД Российской Федерации, для определения безопасной дистанции, а также используется перспективными системами беспилотного транспорта.

На основании всего сказанного сформулируем предлагаемый метод обнаружения аварийной ситуации при перестроении: обнаружение помехи в соседней полосе осуществляется посредством двухантенного радарного датчика. Определение скорости помехи и условной дистанции осуществляется бортовым компьютером на основе данных радарного датчика. Определение безопасности условной дистанции происходит по правилу 3 секунд. Измерение условного бокового интервала с помощью бортового компьютера на основе данных радарного датчика в малые промежутки времени, а также вычисление приближённого значения производной условного бокового интервала по времени. Если производная условного бокового интервала превысила пороговое значение или значение условного бокового интервала меньше минимально допустимого, при этом условная дистанция в соответствии с правилом 3 секунд не является безопасной, принимается решение об аварийной ситуации – опасности ДТП при продолжении манёвра, требующей немедленного принятия мер по предотвращению

ДТП. Иначе манёвр можно считать безопасным. При отсутствии помехи в зоне действия радарного датчика манёвр также считается безопасным.

В соответствии с описанным методом определим алгоритм работы системы в виде блок-схемы (рис. 4). Алгоритм должен циклически повторяться при обнаружении помехи в соседней полосе в зоне видимости радарного датчика с частотой, определяемой шагом численного дифференцирования h , то есть интервалом времени Δt , в который должно вычисляться значение условного бокового интервала. Входными данными алгоритма является предыдущее значение условного бокового интервала (в первом цикле равно текущему значению), кратчайшее расстояние до помехи R , угол азимута θ , скорость помехи, интервал времени Δt и пороговое значение производной $b'_n(t)$. В результате работы алгоритма система определяет: попытку водителя совершить манёвр перестроения, а также является ли манёвр в текущих условиях опасным.

Если условная дистанция больше или равна безопасной дистанции, определяемой по правилу 3 секунд, система даёт ответ, что перестроение безопасно и не будет отслеживать попытку совершить манёвр. Иначе система рассчитывает условный боковой интервал и его производную. Если производная больше порогового значения, то система фиксирует опасность столкновения. После этого текущее значение условного бокового интервала передаётся в новый цикл алгоритма в качестве предыдущего значения b_{np} .

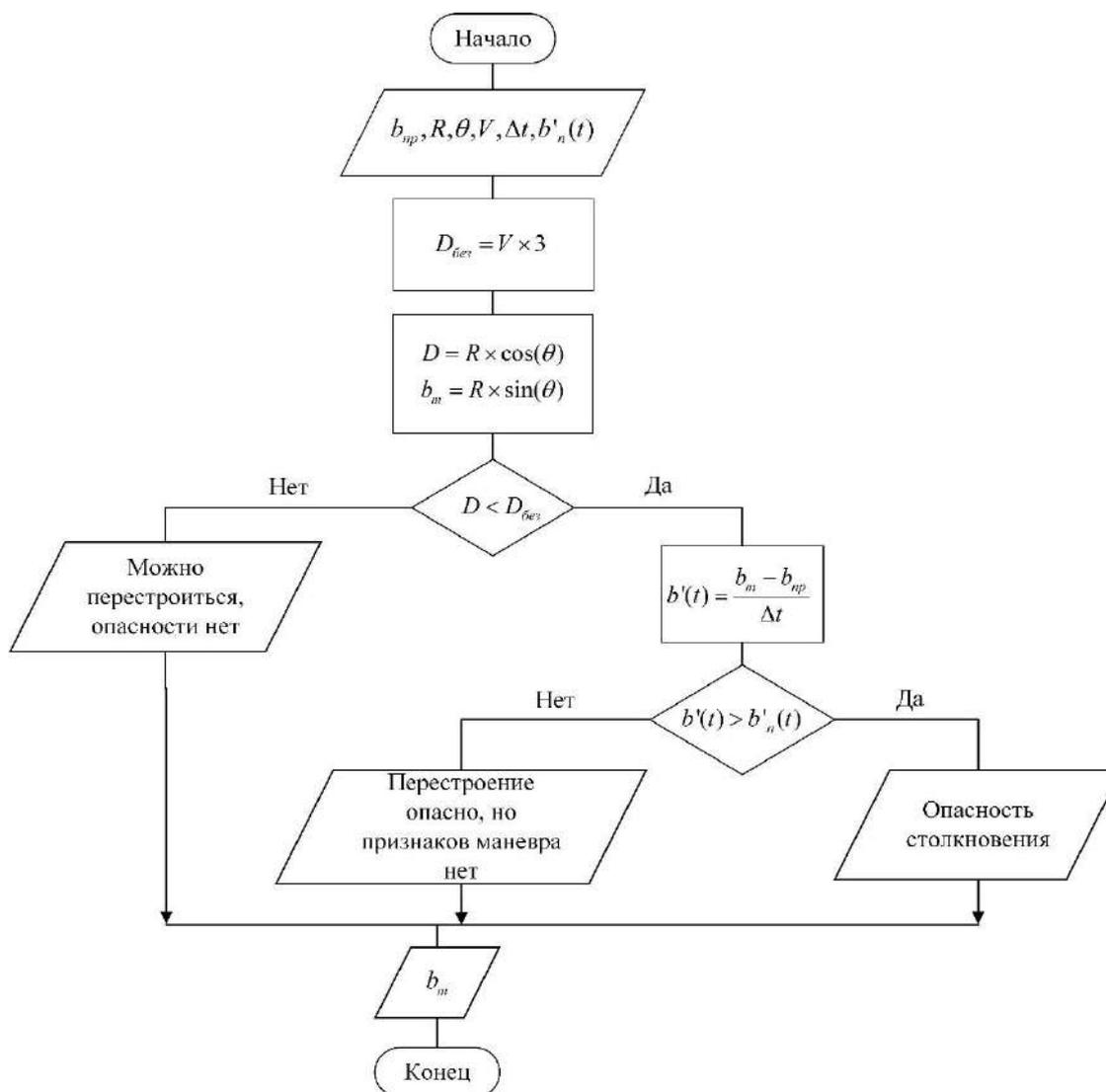


Рис. 4. Алгоритм распознавания аварийной ситуации при перестроении
Fig. 4. Algorithm for recognizing an emergency situation when changing lanes

Данный метод и алгоритм позволит системе помощи при перестроении принимать решения о вмешательстве в процесс управления с целью предотвращения ДТП и таким образом снизить аварийность на многополосных автомобильных дорогах. Эффективность метода будет проверена имитационным моделированием дорожного движения в дальнейших работах.

Заключение (выводы и рекомендации)

На основании работы можно сделать следующие выводы о том, что многие автопроизводители оборудуют свои модельные ряды системами помощи при перестроении, однако большинство систем имеет предупреждающе-рекомендательный принцип действия. Большинство систем основано на радарных датчиках, но применяются и другие методы, технологии обнаружения помех и опасных ситуаций, но реакцию на игнорирование водителем всех предупреждений системы на сегодняшний день предполагает только одна система с активным подруливанием. Система с активным подруливанием ограничена дорожными условиями и скоростным режимом, поэтому для определения намерения водителя совершить перестроение в данной работе предлагается использовать данные, получаемые с радарных датчиков, то есть измерять на их основе условный боковой интервал, по сокращению которого идентифицировать начало манёвра перестроения. Для определения аварийной ситуации система также должна принимать решение о безопасности условной дистанции между автомобилем с системой помощи при перестроении и его помехой в соседней полосе по правилу 3 секунд. Для определения порогового значения производной условного бокового интервала и минимального допустимого интервала необходимо имитационное моделирование дорожного движения и разработанного метода обнаружения аварийной ситуации.

Список литературы

- Volvo. Веб узел описания функции предупреждения о сходе с занимаемой полосы о радарх. URL: <https://www.volvocars.com/ru-md/support/manuals/s90/2016w46/podderzhka-voditelya/funkciya-preduprezhdeniya-o-shode-s-zanimaemoy-polosy/funkciya-preduprezhdeniya-o-shode-s-zanimaemoy-polosy> (дата обращения: 01.09.2022).
- Бакулов П.А. 2021. Продвинутое системы помощи водителю как основа безопасности общественного транспорта. *International Journal of Professional Science*, 6: 53-59.
- Береснев П.О., Зарубин Д.Н., Тюгин Д.Ю., Мишустов В.П., Филатов В.И., Порубов П.Д. 2021. Разработка системы контроля слепых зон для коммерческих транспортных средств. *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева*, 3: 68-80.
- Бобынцев Д.О., Гаврилюк А.А. 2021. Структуры данных для сбора статистики дорожно-транспортных происшествий на аварийно-опасных перекрёстках в населённом пункте. *Опτικο-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов и обработки изображений "Распознавание-2021"*, сб. мат. XVI межд. научно-техническая конференция. – Курск, ЮЗГУ: 66-68.
- Бобынцев Д.О., Киреев В.А. 2022. Обнаружение аварийной ситуации при перестроении автомобильными системами активной безопасности. *Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее*, Сборник статей 4-й Международной научно-технической конференции, Курск, 20 мая 2022 года: 27-30.
- Бобынцев Д.О., Чесноков А.М., Дегтярёв С.В. 2018. Метод анализа данных о дорожно-транспортных происшествиях на аварийно-опасном участке дорог в населённом пункте. *Информационные системы и технологии "ИСТ-2018"*, Сборник материалов IV Международной научно-технической конференции. – Курск, ЗАО "Университетская книга": 127-130.
- Бобынцев Д.О., Чесноков А.М., Дегтярёв С.В. 2018. Применение имитационного моделирования для снижения аварийности на опасных участках автомобильных дорог населённого пункта. *Информационные системы и технологии "ИСТ-2018"*, Сборник материалов IV Международной научно-технической конференции. – Курск, ЗАО "Университетская книга": 124-126.

- Енокян Г.К., Айвазян М.Ц. 2017. Автомобильные радары гигагерцового диапазона. Вестник Национального политехнического университета Армении, Информационные технологии, электроника, радиотехника (1): 89-96.
- Жигунова Т.А. 2016. Датчики автомобильных электронных систем. Материалы ежегодной всероссийской научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и студентов, посвященной 85-летию МГОУ, Факультет технологии и предпринимательства, Москва: 27-32.
- Киреев В.А., Бобынцев Д.О. 2021. Актуальные направления развития интеллектуальных автомобильных систем помощи при перестроении. Интеллектуальные и информационные системы "Интеллект – 2021", Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции. – Тула, ТулГУ: 63-66.
- Комзалов А.М., Н.Г. Шилов, 2017. Применение современных технологий в системах помощи водителю автомобиля. Изв. вузов. Приборостроение, 11: 1077—1082.
- Кулакова Н.С., 2021. Обзор автомобильных сенсорных технологий для распознавания окружающей среды и объектов. Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации, сборник статей XLIV Международной научно-практической конференции, Пенза: 93-96.
- Методика защитного вождения. Веб узел сетевого СМИ «Друг для друга Курск Онлайн». URL: <http://www.dddkursk.ru/number/1139/auto/002224/print/>. (дата обращения: 01.09.2022).
- Парнес М., 2008. Применение радарных датчиков в автомобиле. Компоненты и технологии, 1(78): 41-44.
- Порубов Д.М., А.А. Гладышев, Д.Ю. Тюгин, П.О. Береснев, В.И. Филатов и А.В. Пинчин, 2020. Разработка системы контроля полосы движения на основе технического зрения. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 4(131): 119-126.
- Порубов Д.М., А.В. Пинчин, Д.Ю. Тюгин, А.В. Тумасов, П.О. Береснев и В.В. Беляков, 2019. Разработка системы удержания в полосе движения для коммерческих транспортных средств. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 5(94): 197-204.
- Сысоева С. 2007. Актуальные технологии и применения датчиков автомобильных систем активной безопасности. Часть 6. Радары. Компоненты и технологии, 3(68): 67-76.
- Сысоева С. 2009. Видеокамеры и слияние сенсорных данных датчиков в автомобильных системах безопасности СПВ следующего поколения. Компоненты и технологии, 5(94): 27-32.
- Сысоева С. 2012. Интеллектуальные автомобильные ассистенты и датчики. Компоненты и технологии, 1(126): 7-18.
- Тумасов А.В., Береснев П.О., Филатов В.И., Тюгин Д.Ю., Улитин А.В. 2020. Разработка системы помощи водителю при парковке для коммерческих транспортных средств. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 3(130): 132-140.
- Цветков Г.А., Хлюпин А.С., Шевченко А.Е. 2015. Методика определения интервала безопасности автомобильной системы помощи при перестроении. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Безопасность и управление рисками, 2: 67-72.
- Шишанов С.В., Мякинков А.В. 2015. Система кругового обзора для транспортных средств на основе сверхширокополосных датчиков. Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника, 2: 55-61.
- Юдин Д.А., Горшкова Н.Г., Кныш А.С., Фролов С.В. 2016. Распознавание транспортных средств и регистрация их траектории движения на последовательности изображений. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 6: 139-148.

References

- Volvo. Web node describing the radar lane departure warning function. URL: <https://www.volvocars.com/ru-md/support/manuals/s90/2016w46/podderzhka-voditelya/funkciya-preduprezhdeniya-o-shode-s-zanimaemoy-polosy/funkciya-preduprezhdeniya-o-shode-s-zanimaemoy-polosy> (accessed 01.09.2022).
- Bakulov P.A. 2021. Advanced driver assistance systems as a basis for public transport safety. International Journal of Professional Science, 6: 53-59.



- Beresnev P.O., Zarubin D.N., Tyugin D.Yu., Mishustov V.P., Filatov V.I., Porubov P.D. 2021. Development of a blind spot monitoring system for commercial vehicles. Proceedings of R.E. Alekseev NSTU, 3: 68-80.
- Bobyntsev D.O., Gavrilyuk A.A. 2021. Data structures for collecting statistics of traffic accidents at accident-prone intersections in a settlement. Optoelectronic Devices and Devices in Pattern Recognition and Image Processing Systems "Recognition-2021", Proc. XVI Int. scientific-technical conference. – Kursk, Southwestern State University: 66-68.
- Bobyntsev D.O., Kireev V.A. 2022. Detection of emergency situation during rearrangement by automotive active safety systems. Automobiles, transport systems and processes: present, past and future, Proceedings of the 4th International Scientific and Technical Conference, Kursk, May 20, 2022: 27-30.
- Bobyntsev D.O., Chesnokov A.M., Degtyarev S.V. 2018. A method for analyzing data on road accidents on the accident-prone road section in a settlement. Information systems and technologies "IST-2018", Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference. – Kursk, ZAO "University Book": 127-130.
- Bobyntsev D.O., Chesnokov A.M., Degtyarev S.V. 2018. Application of simulation modeling to reduce accidents on dangerous sections of residential roads. Information Systems and Technologies "IST-2018", Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference. – Kursk, ZAO "University Book": 124-126.
- Yenokyan G.K., Ayyazyan M.C. 2017. Automobile radars of gigahertz range. Bulletin of the National Polytechnic University of Armenia, Information Technology, Electronics, Radio Engineering (1): 89-96.
- Zhigunova T.A. 2016. Sensors of automotive electronic systems. Proceedings of the annual all-Russian scientific-practical conference of teachers, graduate students and students dedicated to the 85th anniversary of Moscow State University, Faculty of Technology and Entrepreneurship, Moscow: 27-32.
- Kireev V.A., Bobyntsev D.O. 2021. Actual directions of development of intelligent automobile systems of assistance in shifting. Intelligent and Information Systems "Intellect – 2021", Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference. – Tula, Tula State University: 63-66.
- Komzalov A.M., Shilov N.G. 2017. Application of modern technologies in car driver assistance systems. Izv. vuzov. Instrumentation Engineering, 11: 1077-1082.
- Kulakova N.S. 2021. Review of automotive sensor technologies for environmental and object recognition. Fundamental and applied scientific research: current issues, achievements and innovations, Proceedings of XLIV International Scientific-Practical Conference, Penza: 93-96.
- Defensive driving techniques. Web site of the network media "Friend for Friend Kursk Online". URL: <http://www.dddkursk.ru/number/1139/auto/002224/print/>. (date of reference: 01.09.2022).
- Parnes M. 2008. Applications of radar sensors in the automobile. Components and Technology, 1(78): 41-44.
- Porubov D.M., Gladyshev A.A., Tyugin D.Yu., Beresnev P.O., Filatov V.I., Pinchin A.V. 2020. Development of a vision-based lane control system. Proceedings of R.E. Alekseev NSTU, 4(131): 119-126.
- Porubov D.M., Pinchin A.V., Tyugin D.Yu., Tumasov A.V., Beresnev P.O., Belyakov V.V. 2019. Development of a lane-keeping system for commercial vehicles. Proceedings of R.E. Alekseev NSTU, 5(94): 197-204.
- Sysoeva S. 2007. Actual technologies and applications of sensors of automotive active safety systems. Part 6. Radars. Components and technologies, 3(68): 67-76.
- Sysoeva S. 2009. Video cameras and sensor data fusion in next-generation automotive SPV safety systems. Components and Technology, 5(94): 27-32.
- Sysoeva S. 2012. Intelligent automotive assistants and sensors. Components and technologies, 1(126): 7-18.
- Tumasov A.V., Beresnev P.O., Filatov V.I., Tyugin D.Yu., Ulitin A.V. 2020. Development of a driver parking assistance system for commercial vehicles. Proceedings of R.E. Alekseev NSTU, 3(130): 132-140.
- Tsvetkov G.A., Khlyupin A.S., Shevchenko A.E. 2015. Methodology for Determining the Safety Interval of an Automotive Lane Change Assist System. Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Safety and Risk Management, 2: 67-72.
- Shishanov S.V., Myakinkov A.V., 2015. Circular vision system for vehicles based on ultra-wideband sensors. Proceedings of Higher Educational Institutions of Russia. Radioelectronics, 2: 55-61.



Yudin D.A., Gorshkova N.G., Knysh A.S., Frolov S.V. 2016. Vehicle recognition and trajectory registration on image sequences. Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 6: 139-148.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Киреев Вадим Андреевич, аспирант кафедры вычислительной техники, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

Бобынцев Денис Олегович, к.т.н., доцент кафедры вычислительной техники, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vadim A. Kireev, Postgraduate Student of Computer Engineering Department, South-West State University, Kursk, Russia

Denis O. Bobyntsev, Candidate of Technical Sciences, Professor, Associate Professor of Computer Engineering Department, South-West State University, Kursk, Russia

УДК: 004.021

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-810-819

О разработке адаптивной образовательной платформы с использованием технологий машинного обучения

¹ Жихарев А.Г., ² Корсунов Н.И., ² Маматов Р.А., ² Щербинина Н.В., ³ Пономаренко С.В.

¹ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

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

³ Белгородский университет кооперации, экономики и права,
308023, Россия, г. Белгород, ул. Садовая, 116а
E-mail: zhikharev@bsu.edu.ru

Аннотация. В исследовании рассматривается создание адаптивной автоматизированной платформы для обучения иностранному языку на примере Английского языка. Адаптивность системы заключается в формировании образовательного контента в разных наиболее удобных для обучающегося формах: графика, звук, текст. Для реализации механизма определения наиболее удобной формы образовательного контента используются несколько архитектур искусственных нейронных сетей, которые обучаются на подготовленных данных. Данные для обучения искусственных нейронных сетей включают в себя текст – эссе, написанный учеником, и категорию ученика, выявленную в результате прохождения специализированного тестирования. Рассматриваются четыре категории обучающихся: аудиал, визуал, кинестетик, дигитал. С использованием разработанной и обученной искусственной нейронной сети создан прототип веб-ориентированной программной платформы, которая «предлагает» обучающемуся написать небольшое эссе на иностранном языке, после чего данный текст обрабатывается рекуррентной искусственной нейронной сетью, которая относит обучающегося к одному из четырех классов. Далее, в зависимости от определенной категории обучающегося, формируется образовательный контент в удобном для него виде. В то же время тестирование обученных нейронных сетей показывает, что объем обучающей выборки недостаточный. Таким образом, в перспективе планируется сформировать более насыщенную обучающую выборку для реализации более качественного обучения искусственной нейронной сети.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, машинное обучение, адаптивная образовательная платформа, образовательный контент, рекуррентная нейронная сеть, обработка текстов на естественном языке.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, государственное задание № 0657-2020-0009.

Для цитирования: Жихарев А.Г., Корсунов Н.И., Маматов Р.А., Щербинина Н.В., Пономаренко С.В. 2022. О разработке адаптивной образовательной платформы с использованием технологий машинного обучения. Экономика. Информатика, 49(4): 810–819. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-810-819

On the Development of an Adaptive Educational Platform Using Machine Learning Technologies

¹ Alexander G. Zhikharev, ² Nikolay I. Korsunov, ² Roman A. Mamatov,
² Natalia V. Shcherbinina, ³ Sergey V. Ponomarenko

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
46 Kostyukova St., Belgorod, 308012, Russia

² Belgorod National Research University
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

³ Belgorod University of Cooperation, Economics and Law
116a Sadovaja St., Belgorod, 308023, Russia
E-mail: zhikharev@bsu.edu.ru

Abstract. The article discusses the creation of an adaptive automated platform for teaching a foreign language, using the example of the English language. The adaptability of the system lies in the formation of educational content in the form (graphics, sound, text) that is most convenient for the student. To implement the mechanism for determining the most convenient form of educational content, several architectures of artificial neural networks are used, which are trained on prepared data. The data for training artificial neural networks includes a text – an essay written by a student and a student category identified as a result of passing a specialized test. Four categories of students are considered: audial, visual, kinesthetic, digital. Using the developed and trained artificial neural network, a prototype of a web-based software platform was created that "offers" the student to write a short essay in a foreign language, after which this text is processed by a recurrent artificial neural network, which, in turn, refers the student to one from four classes. Further, depending on a certain category of the student, educational content is formed in a form convenient for him. At the same time, testing of trained neural networks shows that the volume of the training sample is not sufficient, so in the future it is planned to form a more saturated training sample to implement better training of the artificial neural network.

Keywords: artificial neural network, machine learning, adaptive educational platform, educational content, recurrent neural network, natural language processing.

Acknowledgements: the article was prepared with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of Russia, state assignment No. 0657-2020-0009.

For citation: Zhikharev A.G., Korsunov N.I., Mamatov R.A., Shcherbinina N.V., Ponomarenko S.V. 2022. On the Development of an Adaptive Educational Platform Using Machine Learning Technologies. Economics. Information technologies, 49(4): 810–919 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-810-819

Введение

Догадки о том, что разные люди воспринимают информацию по-разному, посещают ученые умы приблизительно с VI в. до н.э. И если в начале становление этого подхода базировалось на соотношении человека с социумом, то приблизительно с XVIII столетия во главу угла становилась личная выгода человека и оценка всех явлений исходя из их полезности и приятия отдельным индивидом. Далее, в XIX–XX вв. происходит развитие социальной психологии, которая от априорных выводов перешла к лабораторным экспериментам, как раз в это время в приоритете стали появляться попытки исследовать разность восприятия людей. В это самое время появились тесты, предопределяющие разные типы восприятия людей, что и стало предпосылкой возникновения соционики [Karol, 2017].

Современные методики обучения, в том числе и дидактика иностранных языков, опираются на новейшие разработки ученых смежных отраслей наук и тем самым совершенствуются. Так, одним из важных направлений дидактических догм сегодняшнего дня является понимание существования и доминирования различного типа восприятия.

Доказано, что люди с различными типами восприятия по-разному воспринимают устный текст, его графическое переложение, работу с книгой, компьютером, устную и письменную коммуникацию. Более того, такие люди не просто с разной скоростью осваивают «подходящие/неподходящие» им по темпераменту задания, но и с разным успехом получают результат, стремятся перестроиться на собственный тип восприятия.

Если проводить психологический тест на уточнение типа восприятия, можно говорить об условной самостоятельной субъективной оценке обучающимися самих себя. Однако и этот тест актуален на первых этапах. Это психологический тест по методике «Диагностика доминирующей перцептивной модальности» С. Ефремцева. Однако это не единственный тест доступный для установления типа восприятия человека. Тем не менее такие тесты наделены особой погрешностью, что в случае с изучением иностранных языков имеет наиболее губительные результаты.

Например, «визуал» тяжело воспринимает на слух без иллюстративной графической опоры, в то время как «аудиал» по большей части способен к восприятию устной информации и соответствующей фиксации в памяти [Шейнов, 2001]. Учитывая эти особенности, педагог может выстроить индивидуальную траекторию обучения, однако в школе/вузе на выявление типа восприятия, что следует из общепринятой практики, зачастую не хватает времени. Хорошо, если бы у педагога была возможность проводить специфическое тестирование на тип восприятия обучающегося или же устанавливать это обстоятельство в течение индивидуальных занятий (нескольких занятий для педагога вполне достаточно), но ввиду «несущейся» вперед программы обучения у педагога не хватает ни сил, ни времени для уточнения соответствующих параметров.

В связи с вышеизложенным, перспективной является задача внедрения различных технологий искусственного интеллекта для организации и создания адаптивных образовательных автоматизированных систем, которые смогут подстроиться под конкретного обучающегося и сформировать удобный образовательный контент. Важнейшей задачей в ходе разработки подобной автоматизированной системы является процесс определения типа восприятия информации, от чего в дальнейшем и будет зависеть форма образовательного контента.

Модульная организация адаптивной образовательной платформы

Традиционно возможно установить четыре базовых типа восприятия [Zhikharev, 2021]. Здесь, конечно, следует оговорить, что все они не являются абсолютом и претерпевают изменения, дополняются в процессе жизнедеятельности. Однако при всех имеющихся метаморфозах у обучающихся сохраняется врожденный тип восприятия: аудиальный/слуховой (доминирующей является слуховая система обработки информации: звуки, мелодии, их тон, громкость, тембр, чистота); визуальный/зрительный (когда доминирующим является зрительная система обработки информации: формы, расположения, цвета); кинестетический/тактильный/эмоциональный (доминирующей является чувственная информация: прикосновения, вкус, запах, ощущение текстур, температуры); дигитальная/посредством построения внутреннего диалога (связанная с логическим построением внутреннего диалога). Такое деление исходит из принципа восприятия человеком информации посредством получения сведений от окружающего мира с помощью пяти основных каналов: зрительного, слухового, тактильного, вкусового, обонятельного.

Анализируя накопленный опыт педагогов, авторами сформулирована гипотеза о том, что стиль изложения письменной речи зависит от типа восприятия [Kuprieva, 2020]. Так, например, визуал в письменной речи пропускает предлоги и наречия, содержит простые речевые обороты. Аудиал более склонен использовать сложные и правильные грамматические обороты в письменной речи. Кинестетик изъясняется короткими, грамматически неправильными предложениями. Здесь открывается перспектива реализации

процедуры интеллектуального анализа текста с использованием аппарата искусственных нейронных сетей с целью выявления наиболее приемлемой формы образовательного контента для каждого конкретного объекта обучения. Это, в свою очередь, позволит выстроить индивидуальную образовательную траекторию, адаптированную под конкретный объект обучения. Такая траектория будет содержать образовательный контент в той форме, в которой обучающемуся наиболее удобно воспринимать новый материал. Стоит отметить, что ранее такая задача решалась, как правило, с использованием специальных тестов.

Опыт использования современных технологий автоматического анализа текстов на естественном языке показывает, что с подобными задачами наиболее эффективно справляются специальные искусственные нейронные сети, которые позволяют решать задачи классификации текстов, написанных на естественном языке [Шолле, 2018].

Рассмотрим подробнее процесс разработки искусственной нейронной сети, которая решает задачу классификации текста, написанного на естественном языке [Пойнтер, 2020]. Предполагается, что искусственная нейронная сеть сможет выявить описанные выше закономерности в написании текстов авторами, относящимися к различным видам по восприятию информации. Соответственно, такая нейронная сеть должна позволять относить текст к одному из следующих классов:

- «визуал»;
- «кинестетик»;
- «аудоал»;
- «дигитал».

Рассмотрим подробнее модульную структуру адаптивной обучающей системы, использующей технологию искусственных нейронных сетей для анализа текста на естественном языке. Для проектирования модульной организации адаптивной образовательной системы использовался метод системно-объектного моделирования [Маторин, 2019; Маторин, 2018] Графоаналитическое представление такой системы показано на рис. 1. В качестве входных параметров адаптивной обучающей системы можно выделить текст, написанный на естественном языке и на основе которого и принимается решение о наиболее удобной форме образовательного контента для каждого отдельного обучающегося. Собственно, в качестве результатов работы системы выступает массив образовательного контента в требуемой форме.

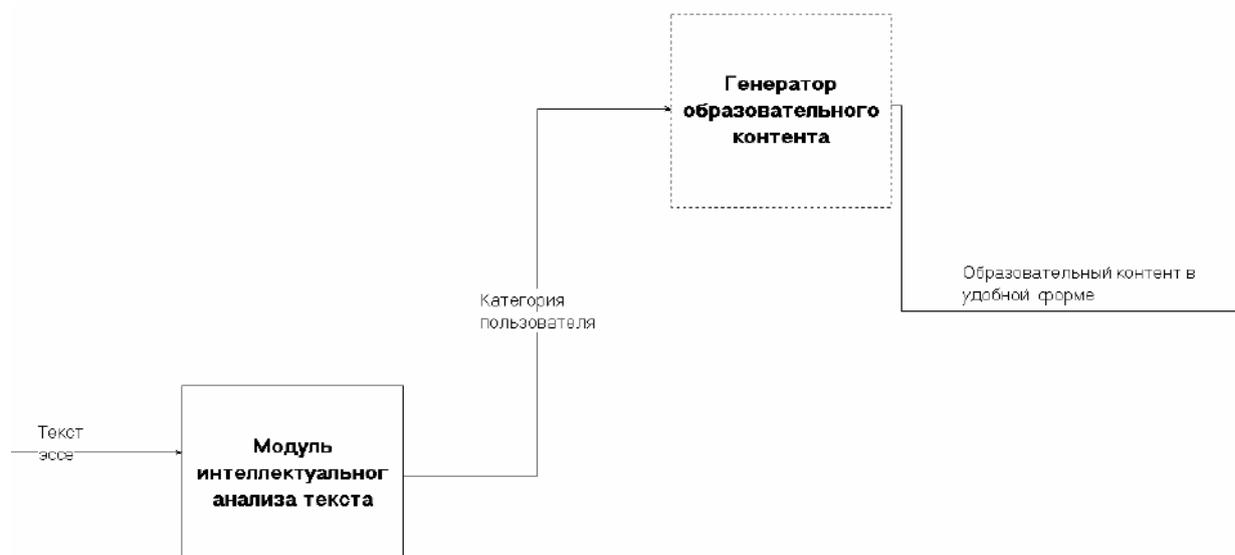


Рис. 1. Модульная структура адаптивной образовательной системы
Fig. 1. Modular structure of adaptive educational system

Как видно из рис. 1 в адаптивной образовательной системе можно выделить два логических модуля. Первый модуль реализует автоматический анализ текста-эссе обучающегося и в качестве результата относит объект обучения к одному из классов: аудиал, визуал, дигитал или кинестетик. Второй модуль в зависимости от класса, к которому принадлежит объект обучения, формирует образовательный контент в приемлемой для него форме. Рассмотрим подробнее модуль интеллектуального анализа текста [Маккини, 2020]. Его графоаналитическая схема представлена на рис. 2.



Рис. 2. Структура модуля анализа текста

Fig. 2. Structure of the text analysis module

Перед обработкой текста его необходимо разбить на токены – элементарные единицы [Chen, 2015]. Для решения поставленной задачи планируется в качестве токенов использовать либо одно слово, либо несколько слов. Далее токены необходимо преобразовать в векторное представление. Такое представление необходимо, так как любая искусственная нейронная сеть работает с числовой информацией, а текст, представленный на естественном языке, представляет собой символьный набор данных [Lai, 2015]. Поэтому его необходимо преобразовать в векторное представление. Здесь существует несколько подходов, наиболее приемлемый подход с точки зрения вычислительной сложности и качества обучения нейронных сетей – плотные вектора [Manning, 1999]. Как правило, данный этап реализуется в виде дополнительного слоя искусственной нейронной сети. Таким образом, процедуру автоматической классификации текстов с использованием искусственной нейронной сети можно представить в виде трех модулей:

- модуль токенизации – разбивает исходный текст на отдельные части;
- модуль векторизации – преобразует исходные части текста в плотные вектора;
- модуль классификации – относит исходный текст к одному из классов.

Разработка и обучение искусственной нейронной сети

Рассмотрим подробнее модуль классификации текстов. Для анализа текста рассмотрим три архитектуры искусственных нейронных сетей, которые показывают наиболее адекватные результаты с точки зрения обработки текстов на естественном языке:

- сверточные нейронные сети [Matusugu, 2003];
- LSTM — нейронная сеть с долгой краткосрочной памятью [Graves, 2009];
- рекуррентная нейронная сеть Gated Recurrent Unit [Gers, 2001].

Рассмотрим подробнее массив обучающих данных. Данный массив представляет собой подготовленный файл с расширением «csv», который содержит два столбца:

- номер класса;
- текст эссе на английском языке.

Значение поля «номер класса» содержит целое число в диапазоне от единицы до четырех, которое интерпретируется следующим образом:

- 1 – visual;
- 2 – kinestetik;
- 3 – audial;
- 4 – digital.

Далее рассмотрим программные модули адаптивной образовательной системы. Как отмечалось выше, перед обработкой текст необходимо представить в виде чисел. Для этого были использованы встроенные средства библиотеки глубокого обучения keras [Шолле, 2018].

Перед началом работы были загружены обучающие данные, для этого использовались встроенные средства языка Python [Beazley, 2009]. Далее осуществляется преобразование текста в числа, используя стандартный словарь кодировок Английских слов библиотеки keras. Преобразование с использованием словаря организуется путем простой замены соответствующего слова на его номер в соответствии с нумерацией словаря. Результат преобразования показан ниже, где для примера выведен фрагмент исходного текста эссе и его числовое представление:

«Now is the time to fly to some country abroad. Hot days, which can be varied by a trip to the sea, or to a beautiful forest. We often fly by plane to distant countries. But how safe is it for milking our mother Nature?...»

Числовое представление текста эссе:

[109, 5, 1, 121, 3, 399, 3, 75, 122, 620, 400, 621, 47, 24, 16, 622, 23, 10, 623, 3, 1, 624, 61, 3, 10, 625, 393, 31, 139, 399, 23, 192, 3, 626, 123, 26, 193, 401, 5, 12, 18, 627, 54, 628, 232, 12, 5, 629, 7, 89, 287, 5, 80, 402, 58, 10, 630, 61, 10, 161, 23, 1, 55, 6, 288, 26, 124, 31, 233, 10, 403, 7, 289, 164, 54, 84, 18, 77, 31, 139, 404, 10, 403, 2, 1, 631, 2, 90, 38, 8, 1, 290, 234, 78, 632, 25, 89, 287, 8, 1, 290, 14, 405, 68, 14, 46, 141, 11, 291, 46, 15, 633, 292, 8, 406, 8, 85, 634, 26, 235, 142, 1, 9, 167, 25, 1, 635, 5, 636, 62, 637, 31, 86, 236, 638, 3, 639, 640, 26, 13, 407, 194, 408, 5, 125, 641, 8, 53, 123, 21, 49, 7, 1, 192, 5, 10, 642, 293, 18, 409, 12, 5, 643, 28, 144, 145, 6, 2, 166, 288, 108, 11, 195, 410, 63, 46, 14, 644, 2, 168, 46, 57, 48, 232, 97, 40, 5, 411, 3, 57, 48, 294, 90, 645, 5, 646, 2, 237, 402, 58, 196, 6, 412, 6, 142, 11, 233, 413, 414, 412, 26, 53, 15, 98, 7, 13, 164, 1, 295, 238, 234, 12, 142, 26, 11, 22, 80, 22, 647, 20, 10, 400, 648, 61, 10, 649, 650, 8, 651, 12, 5, 11, 296, 3, 297, 7, 89, 287, 5, 10, 415, 55, 3, 17, 3, 239, 6, 126, 123, 21, 652, 168, 23, 192, 290, 653, 654, 10, 655, 656]

Далее необходимо преобразовать числовое представление текста в плотные вектора, это реализуется с использованием следующей команды:

```
x_train=pad_sequences(sequences,maxlen=max_text_len)
x_train[:5]
```

В приведенном выше листинге в переменной «sequences» хранится числовое представление текстов, второй параметр функции «pad_sequences» хранит длину числового вектора. Функция возвращает плотное векторное представление исходного текста. Для рассматриваемого примера получим плотное векторное представление следующего вида:

```
array([[ 0,  0,  0, ..., 15, 16, 619],
       [ 0,  0,  0, ..., 10, 655, 656],
       [ 0,  0,  0, ...,  3,  4,  9],
       [ 0,  0,  0, ..., 23, 450, 469],
       [ 0,  0,  0, ..., 254, 54, 64]])
```

Далее была разработана и протестирована сверточная искусственная нейронная сеть следующей архитектуры:

Layer (type)	Output Shape	Param #
Embedding (Embedding)	(None, 3000, 32)	320000
conv1d (Conv1D)	(None, 2996, 250)	40250
global_max_pooling1d (Global (None, 250))		0
Dense (Dense)	(None, 256)	64256
dense_1 (Dense)	(None, 4)	1028

Total params: 425,534
 Trainable params: 425,534
 Non-trainable params: 0

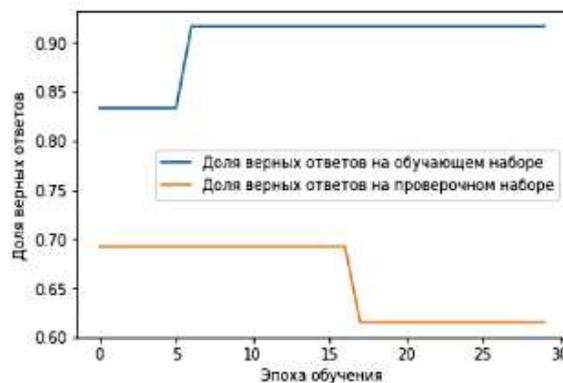


Рис. 3. Архитектура сверточной нейронной сети (слева), результаты обучения (справа)
 Fig. 3. Convolutional neural network architecture (left), learning outcomes (right)

Далее сеть была обучена на представленном наборе данных при количестве эпох обучения равном 30. Результаты обучения сверточной искусственной нейронной сети показаны на рисунке ниже. На тестовом наборе данных количество верных классификаций составило чуть более 90 процентов, на проверочном наборе данных – около 69 процентов. Это связано с ограниченным объемом обучающей выборки.

Далее рассмотрим тестирование искусственной нейронной сети LSTM. Для решения поставленной задачи использовалась искусственная нейронная сеть со следующей архитектурой – показано на рисунке ниже (слева), результаты обучения сети представлены справа:

Layer (type)	Output Shape	Param #
embedding_8 (Embedding)	(None, 3000, 32)	320000
lstm_6 (LSTM)	(None, 128)	82432
dense_11 (Dense)	(None, 4)	516

Total params: 402,948
 Trainable params: 402,948
 Non-trainable params: 0

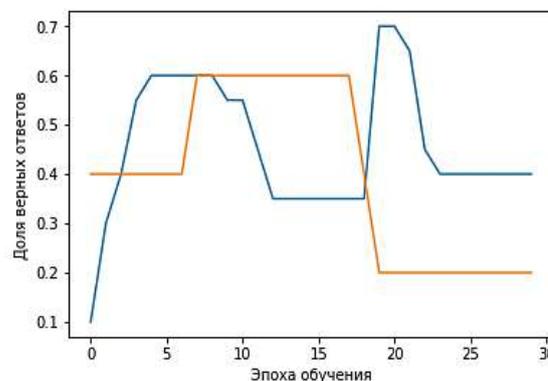


Рис. 4. Архитектура нейронной сети LSTM (слева), результаты обучения (справа)
 Fig. 4. LSTM neural network architecture (left), learning outcomes (right)

Как видно из рисунка, рекуррентная искусственная нейронная сеть показала результат немного хуже на тестовом наборе данных (около 60 процентов верных ответов) и около семидесяти процентов на обучающем наборе данных. В целом, можно сказать, что такая архитектура сети хуже справилась с задачей классификации.

Далее рассмотрим еще один вариант рекуррентной искусственной нейронной сети GRU с архитектурой, представленной на рисунке ниже (слева), результаты обучения сети на рисунке справа:

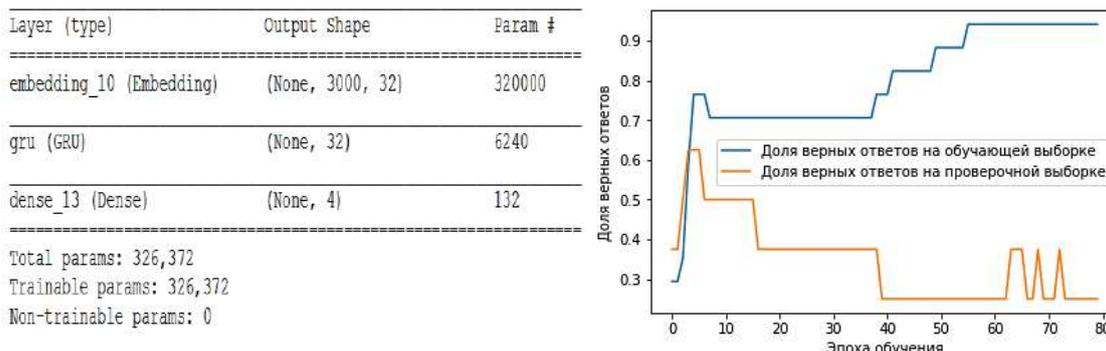


Рис. 5. Архитектура нейронной сети GRU (слева), результаты обучения (справа)
Fig. 5. GRU neural network architecture (left), learning outcomes (right)

Результаты тестирования сети GRU показали неплохие результаты, однако у сверточной сети процент верных ответов все же больше. В то же время следует отметить, что при увеличении объема обучающей выборки ситуация может измениться.

Заключение

Рассмотренный выше проект адаптивной обучающей системы открывает перспективы с точки зрения реализации интеллектуальных образовательных систем, так как ранее подобные задачи решались лишь с использованием специальных тестов. Здесь же становится возможным разработать автономную интеллектуальную образовательную систему, которая сможет адаптивно формировать образовательный контент исходя из предположений каждого конкретного объекта обучения.

Однако результаты тестирования нейронных сетей показывают необходимость увеличения объема тестовых и обучающих данных. Это приведет к более качественной классификации текстов искусственной нейронной сетью и позволит довести уровень правильных ответов до девяноста процентов.

С использованием обученной нейронной сети был разработан прототип адаптивной образовательной платформы обучения иностранным языкам в виде веб-приложения. Для разработки прототипа программного обеспечения использовалась микросервисная архитектура [Balalaie, 2016], в частности, система управления базами данных MongoDB [Chodorow, 2013], библиотека для разработки пользовательских интерфейсов React [Чиннатамби, 2019] и другие. Основная идея разработанной платформы заключается в формировании образовательного контента для обучающегося в наиболее удобном виде для восприятия. Для этого обучающийся на начальном этапе использования платформы пишет текст-эссе на заданную тему, после чего обученная искусственная нейронная сеть определяет наиболее удобную форму представления образовательного контента для обучающегося.

С точки зрения перспектив развития разработанного программного обеспечения планируется разработка модуля, который будет определять наиболее удобный тип образовательного контента с использованием классических тестовых вопросов. Этот механизм позволит в автоматизированном режиме сформировать достаточную обучающую выборку для повышения эффективности работы искусственной нейронной сети.

Список литературы

- Balalaie A.; Heydarnoori A.; Jamshidi P. 2016. Microservices Architecture Enables DevOps: Migration to a Cloud-Native Architecture. *IEEE Software*, 2016, Vol. 33, no. 3: 42-52.
- Beazley D. M. 2009. *Python Essential Reference*. 4th Edition. Addison-Wesley Professional, 2009, 717 p.
- Chen X., Liu X., Gales M.J.F., Woodland P.C. 2015. Recurrent neural network language model training with noise contrastive estimation for speech recognition. In *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*: 5411 – 5415.

- Chodorow K. 2013. MongoDB: The Definitive Guide, 2nd Edition. O'Reilly, 2013, 432 p.
- Gers F. A.; Schmidhuber J. 2001. LSTM Recurrent Networks Learn Simple Context Free and Context Sensitive Languages. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2001, Vol. 12, no. 6:1333—1340.
- Graves A., Liwicki M., Fernandez S., Bertolami R., Bunke H., Schmidhuber J. 2009. A Novel Connectionist System for Improved Unconstrained Handwriting Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 31, no. 5.
- Karol P. 2017. Review of the Socionic Model of Information Metabolism at Individual, Interpersonal and Societal Levels. *SSRN Electronic Journal*, doi:10.2139/ssrn.3001323.
- Kuprieva I.D., Lazareva N., Serkina O., Romashina O., Filonova Y.G. 2020. Lexical-Semantic Analysis of English Phraseological Units with Phytonym Component. *Journal of Research in Applied Linguistics*, 2020, 11(SpecialIssue): 425–429.
- Lai S., Xu L., Liu K., Zhao J. 2015. Recurrent Convolutional Neural Networks for Text Classification. *AAAI*: 2267 – 2273.
- Manning C.D., Schütze H. 1999. Foundations of statistical natural language processing. MIT press, 1999.
- Matusugu M., Katsuhiko M., Yusuke M., Yuji K. 2003. Subject independent facial expression recognition with robust face detection using a convolutional neural network. *Neural Networks*, 2003, Vol. 16, no. 5: 555—559.
- Zhikharev A.G., Deeney I.A., Igrunova S.V., Klyuchnikov D.A., Frolova A.Y. 2021. To the development of intelligent adaptive learning systems. *Journal of Physics: Conference Series* 2060 (1), 012012.
- Маккини У. Python и анализ данных (пер. с англ. А.А. Слинкина). М.: ДМК Пресс, 2020, 540 с.
- Маторин С.И., Жихарев А.Г. 2018. Формализация системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект». *Прикладная информатика*, 2018, Т. 13, № 3 (75): 124-135.
- Маторин С.И., Жихарев А.Г. 2019. Системно-объектный подход как основа общей теории систем. *Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика*, 2019, Т. 46, № 4: 717-730.
- Пойнтер Я. 2020. Програмуем с PyTorch: Создание приложений глубокого обучения. СПб.: Питер, 2020, 256 с.
- Чиннатамби К. 2019. Изучаем React. СПб.: Питер, 2019, 368 с.
- Шейнов В. 2001. Скрытое управление человеком. М.: ООО "Издательство АСТ", Мн.: Харвест, 357 с.
- Шолле Ф. 2018. Глубокое обучение на Python. СПб.: Питер, 2018, 400 с.
- Шолле Ф. 2018. Глубокое обучение на R. СПб.: Питер, 2018, 400 с.

References

- Balalaie A.; Heydarnoori A.; Jamshidi P. 2016. Microservices Architecture Enables DevOps: Migration to a Cloud-Native Architecture. *IEEE Software*, 2016, Vol. 33, no. 3: 42-52.
- Beazley D. M. 2009. Python Essential Reference. 4th Edition. Addison-Wesley Professional, 2009, 717 p.
- Chen X., Liu X., Gales M.J.F., Woodland P.C. 2015. Recurrent neural network language model training with noise contrastive estimation for speech recognition. In *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*: 5411 – 5415.
- Chodorow K. 2013. MongoDB: The Definitive Guide, 2nd Edition. O'Reilly, 2013, 432 p.
- Gers F. A.; Schmidhuber J. 2001. LSTM Recurrent Networks Learn Simple Context Free and Context Sensitive Languages. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2001, Vol. 12, no. 6:1333—1340.
- Graves A., Liwicki M., Fernandez S., Bertolami R., Bunke H., Schmidhuber J. 2009. A Novel Connectionist System for Improved Unconstrained Handwriting Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 31, no. 5.
- Karol P. 2017. Review of the Socionic Model of Information Metabolism at Individual, Interpersonal and Societal Levels. *SSRN Electronic Journal*, doi:10.2139/ssrn.3001323.
- Kuprieva I.D., Lazareva N., Serkina O., Romashina O., Filonova Y.G. 2020. Lexical-Semantic Analysis of English Phraseological Units with Phytonym Component. *Journal of Research in Applied Linguistics*, 2020, 11(SpecialIssue): 425–429.
- Lai S., Xu L., Liu K., Zhao J. 2015. Recurrent Convolutional Neural Networks for Text Classification. *AAAI*: 2267 – 2273.
- Manning C.D., Schütze H. 1999. Foundations of statistical natural language processing. MIT press, 1999.
- Matusugu M., Katsuhiko M., Yusuke M., Yuji K. 2003. Subject independent facial expression recognition with robust face detection using a convolutional neural network. *Neural Networks*, 2003, Vol. 16, no. 5: 555—559.

- Zhikharev A.G., Deeney I.A., Igrunova S.V., Klyuchnikov D.A., Frolova A.Y. 2021. To the development of intelligent adaptive learning systems. *Journal of Physics: Conference Series* 2060 (1), 012012.
- Makini U. Python i analiz dannyh (per. s ang. A.A. Slinkina). M.: DMK Press, 2020, 540 s.
- Matorin S.I., Zhikharev A.G. 2018. Formalizatsiya sistemno-ob"ektnogo podhoda «Uzel-Funktsiya-Ob"ekt». *Prikladnaya informatika*, 2018, T. 13, № 3 (75): 124-135.
- Matorin S.I., Zhikharev A.G. 2019. Sistemno-ob"ektnyj podhod kak osnova obshchej teorii sistem. *Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Ekonomika. Informatika*, 2019, T. 46, № 4: 717-730.
- Pojnter YA. 2020. Programmiruem s PyTorch: Sozdanie prilozhenij glubokogo obucheniya. SPb.: Piter, 2020, 256 s.
- CHinnatambi K. 2019. *Izuchaem React*. SPb.:Piter, 2019, 368 s.
- Shejnov V. 2001. *Skrytoe upravlenie chelovekom*. M.: OOO "Izdatel'stvo AST", Mn.: Harvest, 357 s.
- SHolle F. 2018. *Glubokoe obuchenie na Python*. SPb.: Piter, 2018, 400 s.
- SHolle F. 2018. *Glubokoe obuchenie na R*. SPb.: Piter, 2018, 400 s.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Жихарев Александр Геннадиевич, д.т.н., доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Корсунов Николай Иванович, д.т.н., профессор, профессор кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Маматов Роман Александрович, аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Щербинина Наталья Владимировна, к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных и робототехнических систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Пономаренко Сергей Владимирович, к.т.н., профессор кафедры информационной безопасности, Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander G. Zhikharev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Software and Automated Systems Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Nikolay I. Korsunov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mathematical and Software Support of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Roman A. Mamatov, Postgraduate Student of the Department of Applied Informatics and Information Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Natalia V. Shcherbinina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information and Robotic Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Sergey V. Ponomarenko, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Security, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia

УДК 004.89
DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-820-832

Использование методов машинного обучения в задачах принятия решений при обеспечении качества в приборостроении

Конев К.А.

Уфимский университет науки и технологий,
Россия, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32
E-mail: sireo@rambler.ru

Аннотация. Обеспечение качества – важная и многогранная деятельность, оказывающая значительное влияние на конкурентоспособность и продукцию организации, на её системы управления в целом. Данная деятельность не является ценным и основным процессом, поэтому управляется как центр затрат, что создаёт объективные сложности в повышении её эффективности. Несмотря на большое число публикаций в сфере обеспечения качества, тематика поддержки принятия решений в данной области исследована слабо и рассматривается главным образом для руководителей. Концептуально проблема повышения эффективности решений рассмотрена в ряде публикаций автора. В работе данный подход рассматривается для специалистов по обеспечению качества уровня исполнителя или эксперта, и в такой постановке задачи используется впервые. В соответствии с ранее предложенной методологией целью исследования является формирование ситуационно-онтологической модели конкретной практической задачи выявления причины дефекта для приборостроительного предприятия методом машинного обучения (k-ближайших соседей). Результаты исследования позволили сделать вывод о возможности применения ситуационно-онтологической методологии с целью создания системы поддержки принятия решений для решения задач в типовой ситуации поиска причины дефекта на основе метода k-ближайших соседей для инженера по качеству приборостроительного предприятия.

Ключевые слова: поддержка принятия решений; машинное обучение; цифровой след; обеспечение качества; диаграмма Исикавы; классификация причин дефектов; авиационное приборостроение; метод k-ближайших соседей; Knime Analytics Platform

Для цитирования: Конев К.А. 2022. Использование методов машинного обучения в задачах принятия решений при обеспечении качества в приборостроении. Экономика. Информатика, 49(4): 820–832. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-820-832

Use of Machine Learning Methods in Decision Making to Ensure Quality in Instrument Manufacturing

Konstantin A. Konev

Ufa University of Science and Technology,
32, Zaki Validi St., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450076, Russia
E-mail: sireo@rambler.ru

Abstract. Quality assurance is an important and various activity that has a significant impact on the competitiveness of both the organization's products and its management system as a whole. This activity is not a value-creating main process and is managed as a cost center, which creates objective difficulties in increasing its efficiency. Despite the large number of publications in the field of quality assurance, the topic of decision support in this area has been poorly researched and is considered mainly for high-level managers. Conceptually, the problem of increasing the efficiency of decisions is considered in a number of

publications of the author. In this paper, this approach is considered for quality assurance specialists at the level of the executer or expert and is used for the first time in this formulation of the problem.

The aim of the study is, in accordance with the previously proposed methodology, the formation of a situational-ontological model for solving a specific practical problem of identifying the cause of a defect for an instrument-making enterprise using the machine learning method (k-nearest neighbors).

The results of the study allowed us to conclude that it is possible to use the situational ontological methodology to create a decision support system for solving problems in a typical situation of finding the cause of a defect based on the k-nearest neighbors method for a quality engineer of an instrument-making enterprise.

Keywords: decision support; machine learning; digital footprint; quality assurance; Ishikawa diagram; classification of causes of defects; aviation instrumentation; k-nearest neighbor method; Knime Analytics Platform.

For citation: Konev K.A. 2022. Use of Machine Learning Methods in Decision Making to Ensure Quality in Instrument Manufacturing. Economics. Information technologies, 49(4): 820–832. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-820-832

Введение

Обеспечение качества – многогранная и разнообразная деятельность, во многом определяемая спецификой бизнеса. Актуальность исследований в данной области продиктована сложившимися обстоятельствами, связанными с необходимостью возрождения целых отраслей по выпуску конкурентоспособной продукции. Важной особенностью данной деятельности является большое количество рисков и значительный объём принимаемых решений, что требует высочайшей компетентности и осведомлённости должностных лиц. При этом нужно учитывать, что обеспечение качества относится не к основной, а к вспомогательной деятельности и, соответственно, управляется как центр затрат. Возникает противоречие: требования к специалистам данного профиля высоки, а затраты на них ограничены. В качестве решения данной проблемы перспективным выглядит повышение эффективности решаемых задач без расширения штата сотрудников, то есть за счёт интенсификации их труда. Поскольку специфика задач таких специалистов связана с принятием решений, то подход к интеллектуализации их труда и проектированию систем поддержки принятия решений выглядит оправданным.

Важно отметить, что несмотря на большое число публикаций и существенные положительные сдвиги в практической области в сфере обеспечения качества, особенно в части повышения качества организационных взаимодействий (менеджмент качества), тематика поддержки принятия решений в данной области исследована слабо. Приоритет отдаётся задачам руководителя уровня директора по качеству, а не специалиста по качеству, контролёра, аудитора и т.д. Между тем, например, ошибка контролёра может в конечном итоге привести к авиационному происшествию или даже катастрофе, а аудитор может не заметить организационно-техническую проблему, приносящую миллионные убытки.

Кроме того, спектр задач обеспечения качества очень широк и требует привлечения специалистов различного профиля. Например, специалисты по техническому контролю осуществляют технический контроль деталей, агрегатов и готовых изделий, технологи обеспечивают надзор за технологичностью и культурой производства, метрологи обеспечивают точность измерительного инструмента и т.д., а есть ещё и ответственные за обеспечение качества в цехах, специалисты по учёту затрат, руководители всех уровней, которые также участвуют в данной деятельности. Таким образом, невозможно найти специалиста по всем аспектам обеспечения качества, но можно и нужно увязать множество функций и знаний различных специалистов и руководителей предприятия в единую систему, собрав и обобщив их опыт.

Способ, с помощью которого можно решить данную актуальную задачу, является использование современных технологий цифровой трансформации организации, таких

как машинное обучение и цифровой след для сбора и анализа опыта в предметной области обеспечения качества. Целью статьи является формирование концептуальной модели машинного обучения для предметной области обеспечения качества и структурной модели одной из её типовых задач на основе ситуационно-онтологической методологии [Антонов и др. 2021].

Ситуационно-онтологический подход

Концептуально ситуационно-онтологический подход основывается на методологии Захмана [Zachman, 1987]. Суть подхода в представлении бизнес-процесса, в рамках которого принимается решение, в виде иерархии моделей от верхнего уровня – уровня модели организации до уровня модели оценки принятого решения. Базовой моделью в данной концепции является дискретно-событийная ситуационная модель, которая описывает ситуацию принятия решения. При этом модели связаны как множества отношениями композиции, поэтому общая модель образует таксономию – разновидность онтологических моделей, что и предопределило название подхода.

Важным элементом концепции является инвариантность по методу принятия решений, т.е. он выбирается под уровень задач лица, принимающего решения в бизнес-процессе, а не предопределяется исходя из предпочтений исследователя, что позволяет повысить гибкость подхода. Вторым важным аспектом является упор на использование интеллектуальных методов и обязательное сохранение опыта в базе знаний.

Для решения задач в типовых ситуациях, в которых имеется возможность накапливать статистику, например, за счёт учёта цифрового следа, и имеются специалисты технического профиля достаточно высокой квалификации, хорошо подходят методы машинного обучения.

Машинное обучение и цифровой след в задачах принятия решений

Машинное обучение (англ. machine learning, ML) – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение за счёт применения решений множества сходных задач [Флах, 2015]. Машинное обучение используется для решения трёх основных задач: классификации, прогнозирования и кластеризации. Классификация подразумевает задачу идентификации, т.е. отнесения объекта к заранее известному классу. Прогнозирование осуществляется за счёт регрессионного анализа и приближения оцениваемого параметра к некоторому значению, т.е. выполняется предсказание значения некоторой характеристики объекта, процесса или явления. Наконец, кластеризация направлена на выявление новых категорий (кластеров), к которым можно относить объекты.

Если рассматривать ситуацию, связанную с принятием решения, то машинное обучение может быть использовано в целом ряде таких задач, но для его применения необходимо использовать ещё одну современную информационную технологию, называемую цифровым следом (цифровой тенью). Цифровой след – это совокупность состояний и характеристик в этих состояниях, которые оставляет объект в каких-либо средах: документах, социальных сетях, чатах, научных конференциях и т.д. [Kim и др., 2018]. Данное понятие справедливо для любого сложного объекта или бизнес-процесса. Сложное изделие с большим жизненным циклом, такое как капитальное здание, автомобиль или самолёт также имеет множество разнообразных состояний и проявляют разные характеристики в них, только они наблюдаются и фиксируются иначе. На большой выборке они могут дать много полезной информации. По сути, речь идёт о формировании истории, онтологии состояний конкретного объекта и исследовании закономерностей изменения этих состояний на большой выборке. Если цифровому следу поставить в соответствие множество данных, достаточно полно и правильно отражающих соответствие физическому объекту (или процессу), то это будет уже синхронизированная с ним модель, т.е. цифровой двойник (digital

twin) [Negri, 2017], основным свойством которого будет возможность достаточно точного представления динамики жизненного цикла физического процесса, что позволит уже говорить и о «Больших данных» (Big Data), и об «интернете вещей» (IoT) во взаимосвязи, т.е. переходить к требованиям концепции «Индустрии 4.0» [Chen, 2018].

Теоретически собрать большой объём данных об объекте (процессе) – цифровой след при принятии решений никаких проблем нет, но на практике подобный подход требует большого объёма знаний и сложный механизм обработки данных о предметной области. Для решения задач принятия решений принято использовать интеллектуальные методы в рамках систем поддержки принятия решений [Антонов, Конев, 2021]. Укрупнённая структурная схема интеллектуальной подсистемы системы поддержки принятия решений показана на рисунке 1.

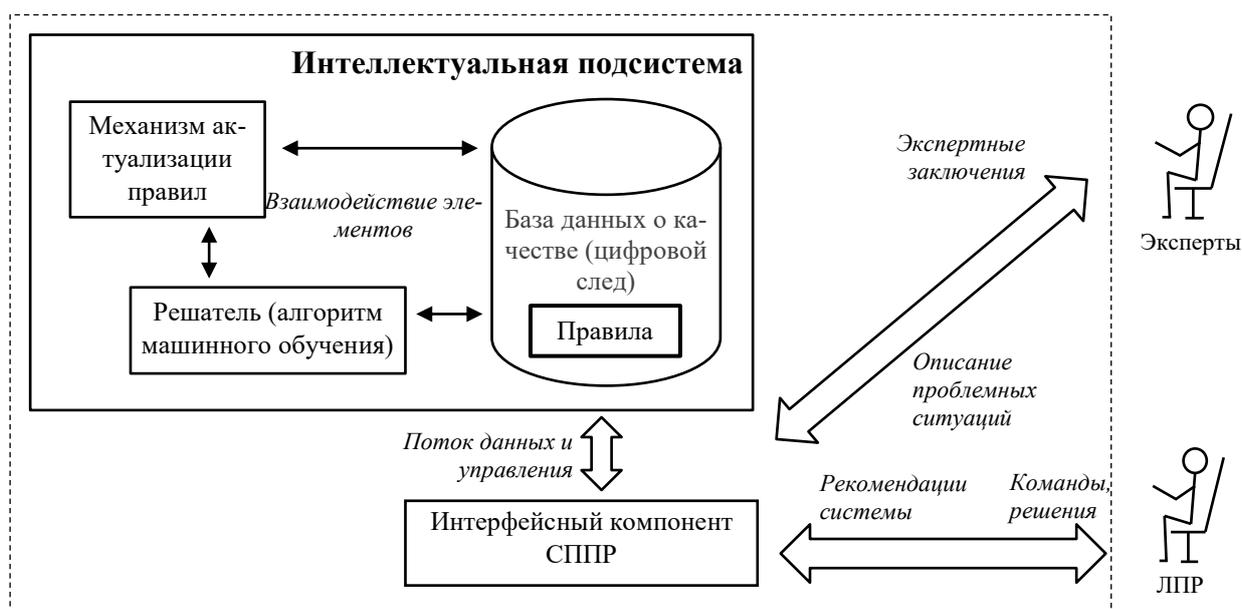


Рис. 1. Структура интеллектуальной подсистемы системы поддержки принятия решений при обеспечении качества

Fig. 1. The structure of the intellectual subsystem of the decision support system for quality assurance

Рассмотрим такой подход для сферы обеспечения качества на примере одной из типичных задач.

Задача выявления причины дефекта из перечня заранее известных

Согласно обзору заявлений предприятий от Дерекы Сноу [Snow, 2019] на 2019 год в сфере применения в промышленности метод машинного обучения имеет перспективы в четырёх сегментах: общее управление производством, техническое обслуживание, прогнозирование ошибок и обеспечение качества. Очевидно, что последние две сферы взаимосвязаны. Применительно к прогнозированию отказов оборудования и обнаружения аномалий в производстве исследователем отмечены области деятельности в производстве электронных компонентов, лекарственных средств и автомобилей. В целом примеров успешного применения методов машинного обучения в отрасли авиационного приборостроения ни у Сноу, ни у других исследователей обнаружить не удалось, хотя многие исследователи отмечают большие перспективы методов искусственного интеллекта в авиационной отрасли [Коробеев, Чучаев, 2018]. В данной связи проектирование системы поддержки принятия решений на основе машинного обучения для отрасли авиационного приборостроения является новой задачей.

Рассмотрим задачу принятия решения о причине дефекта на предприятии авиационного приборостроения как любой факт несоответствия установленным и предполагаемым требованиям, выявленный на любом этапе жизненного цикла продукции. Допустим, имеется множество типовых причин и множество признаков, по которым можно отнести конкретную ситуацию из множества наблюдаемых к конкретному типу причин, либо принять решение, что данный тип причин является новым. Визуализируем признаки этих ситуаций, для этого используем метод Исикавы [Исикава, 1988]. На рис. 2 показана типовая диаграмма Исикавы для производственного предприятия.

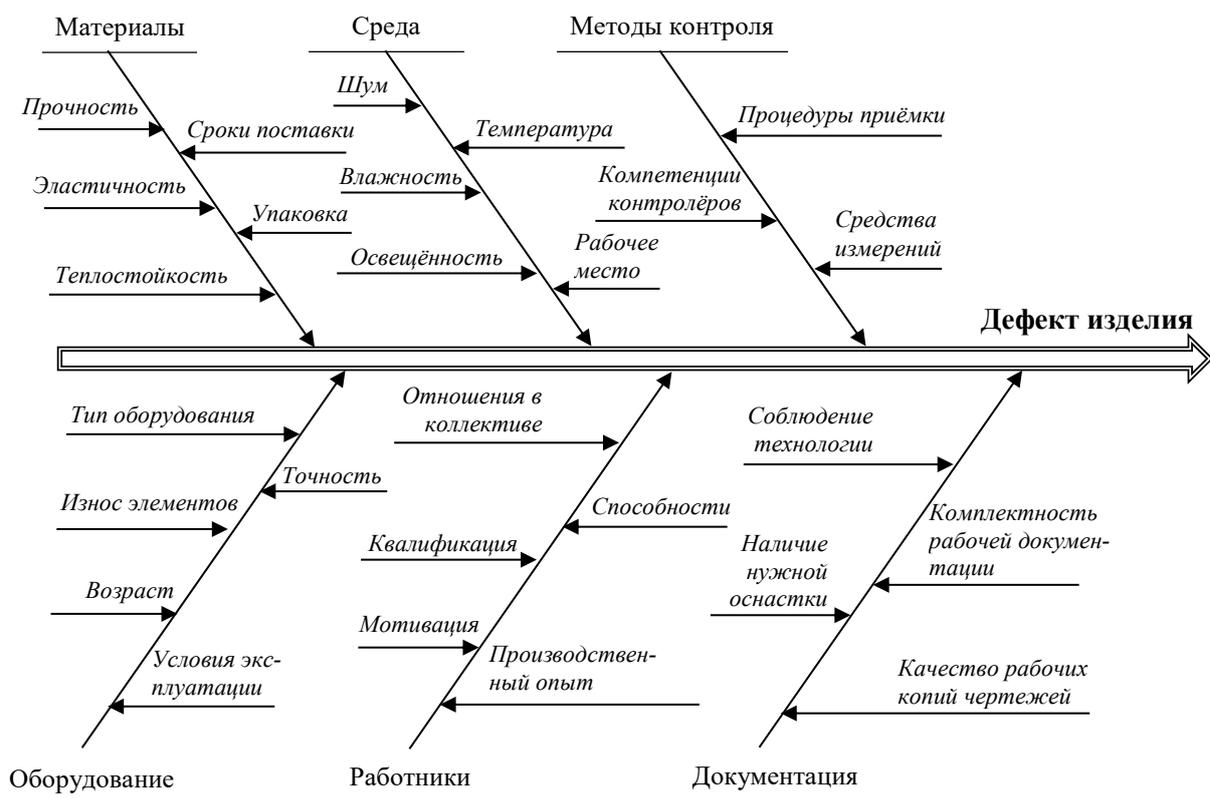


Рис. 2. Диаграмма Исикавы для определения причины дефекта
 Fig. 2. Ishikawa diagram to determine the cause of a defect

Каждая из показанных на рис. 2 характеристик должна быть оцифрована, т.е. получить некоторую шкалу оценки, которую должен использовать эксперт. На основе такой оценки какие-то признаки будут полностью отброшены, а какие-то выбраны в виде перечня кандидатов в причины. Принятие решений в данной ситуации имеет 2 этапа: классификации и выбора. На этапе классификации осуществляется поиск той ветки в диаграмме Исикавы, которой лучше всего соответствует наблюдаемый дефект. На этапе выбора осуществляется выбор решения по действиям с причиной данного дефекта.

Каждое обращение к поиску причины оставляет цифровой след, который можно запоминать и статистически обрабатывать. Если в течение заданного времени, например, трёх месяцев, для конкретного дефекта причина не будет исправлена, то выбор можно считать удачным и запоминать как успешный прецедент для модели поиска причины, иначе прецедент будет помечен как неудачный. После каждой ситуации выбора можно анализировать набор параметров, которые сформируют правила для обучения алгоритма выбора. Схема работы системы поддержки принятия решений о причинах дефектов показана на рисунке 3.

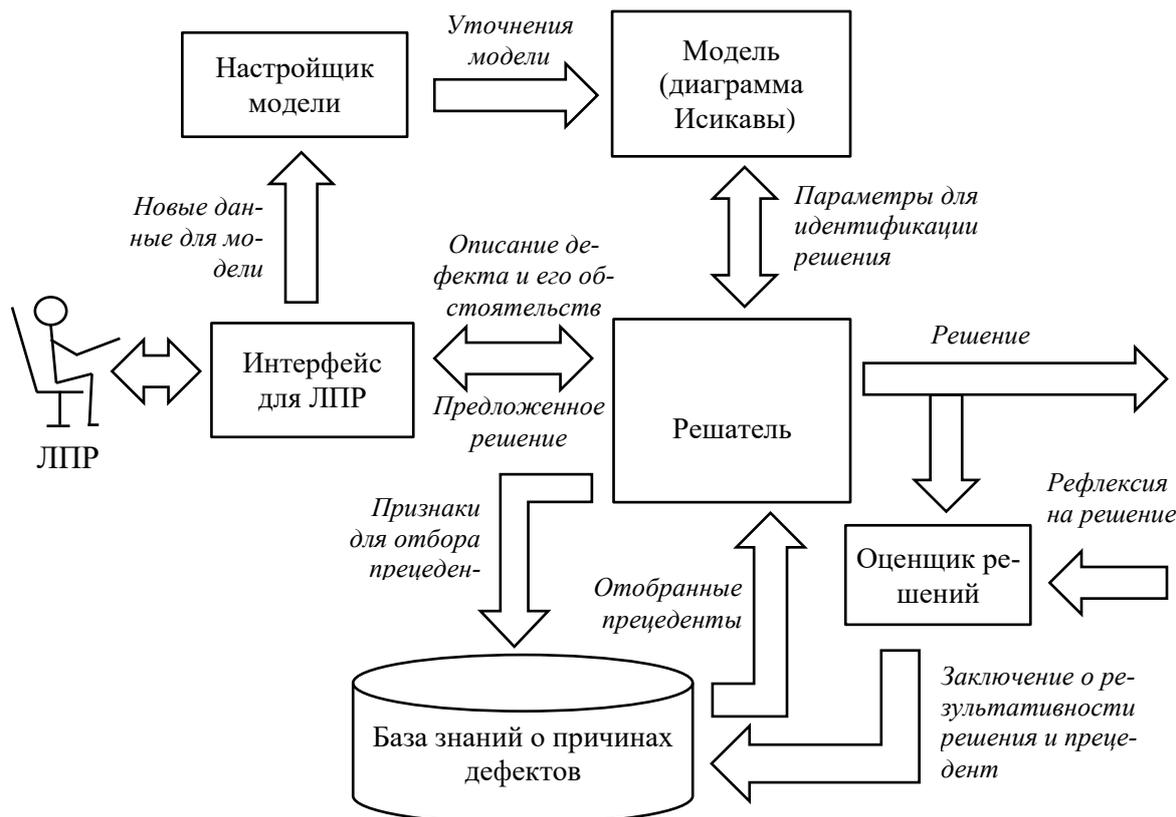


Рис. 3. Схема работы системы поддержки принятия решений о причинах дефектов
Fig. 3. Scheme of operation of the decision support system on the causes of defects

Фактически предлагается алгоритм выбора ветки диаграммы Исикавы на основе ранее сделанных выборов, которые оценены по наличию / отсутствию опровержений по выбранному варианту решения. Возникает вопрос о месте машинного обучения в данной схеме. Выбор ветки диаграммы Исикавы является задачей идентификации, т.е. типичной задачей алгоритмов машинного обучения, в которой необходимо статистически обработать набор лингвистических признаков, которые содержатся в описании дефекта.

Рассмотрим набор таких признаков для задачи выбора причины дефекта. В их число могут, например, входить:

- место обнаружения дефекта;
- стадия процесса, на которой выявлен дефект;
- операция технологического процесса, на которой сделана ошибка;
- ответственность за операцию, на которой сделана ошибка;
- комплектность технологической документации на рабочем месте;
- полнота описания конструкции в чертежах конструкторской документации;
- исправность оборудования на рабочем месте;
- исправность инструмента, приборов на рабочем месте;
- исправность оснастки на рабочем месте;
- сроки поверки мерительного инструмента на рабочем месте;
- стабильность цепей электропитания на рабочем месте;
- соответствие температуры, влажности и освещённости на рабочем месте;
- уровень статического напряжения на рабочем месте;
- уровень чистоты и культуры производства на рабочем месте;
- уровень эргономичности рабочего места;
- соответствие рабочей одежды требованиям рабочего места;

- исправность тары для хранения и межцеховой транспортировки деталей, сборочных единиц и готовой продукции;
- соответствие мест хранения деталей, сборочных единиц и готовой продукции;
- соответствие содержания выданных рабочему компонент для работы по составу и номиналу комплектовочной ведомости и требованиям конструкторской документации;
- соответствие лакокрасочных материалов требованиям конструкторской документации и т.д.

Для реального бизнес-процесса таких показателей может быть несколько десятков, причём они сильно увязаны с особенностями бизнес-процессов.

Обычно при расследовании причин дефектов ЛПР должен лично анализировать данные признаки. Между тем, если в организации внедрена цифровая система производственного учёта, то значительный объём таких данных можно собирать из этой системы практически автоматически.

Цифровой след при формировании информации для обработки методами машинного обучения

Выше затрагивался вопрос цифрового следа для сбора данных в промышленности при решении задач принятия решений. Применительно к задаче о классификации причин дефектов на приборостроительном предприятии, цифровой след формируется в нескольких базах данных и прочих источниках. К ним относятся данные об:

- оборудовании, его обслуживании и метрологическом обеспечении;
- работниках, их квалификации, взаимоотношениях и условиях труда;
- конструкторской и технологической документации, их соответствии требованиям, актуальности и качеству копий;
- комплектующих, материалах и их состоянии;
- методах контроля;
- проведённых контрольных мероприятиях и выявленных дефектах.

Рассмотрим схему сбора данных для цифрового следа для рассмотренной выше задачи. В общих чертах она включает следующие действия:

- идентификация объекта исследования, которым в нашем случае является изделие;
- выявление состояний, в которых может находиться изделие (соответствие или дефект);
- описание характеристик, которые изделие может демонстрировать в каждом состоянии;
- формирование метамоделей, т.е. правил свертки данных о характеристиках в состояниях объекта и критериев для интерпретации полученных значений (методы идентификации причин дефектов);
- сбор информации о состояниях и характеристиках на выборке из общего класса объектов (записей о качестве изделия);
- интерпретация полученных результатов на основе разработанных критериев;
- уточнение метамоделей, т.е. понятия объекта, его состояний, его характеристик, правил свёртки или критериев для интерпретации результатов.

Интеллектуализация процесса принятия решений хорошо укладывается в концепцию, предложенную В.В. Антоновым и К.А. Коневым [2021]. Общую схему сбора и анализа цифрового следа с использованием интеллектуальной подсистемы, построенной на основе методологии машинного обучения, можно представить схемой, показанной на рис. 4.

Таким образом, оцифровка источников информации о качестве изделия даёт возможность отслеживания его цифрового следа, что открывает возможности для поддержки принятия решений о качестве данной продукции с использованием интеллектуальных методов, таких как машинное обучение. Рассмотрим возможности для решения задачи определения

причины дефекта изделия авиаприборостроительного предприятия с использованием машинного обучения.

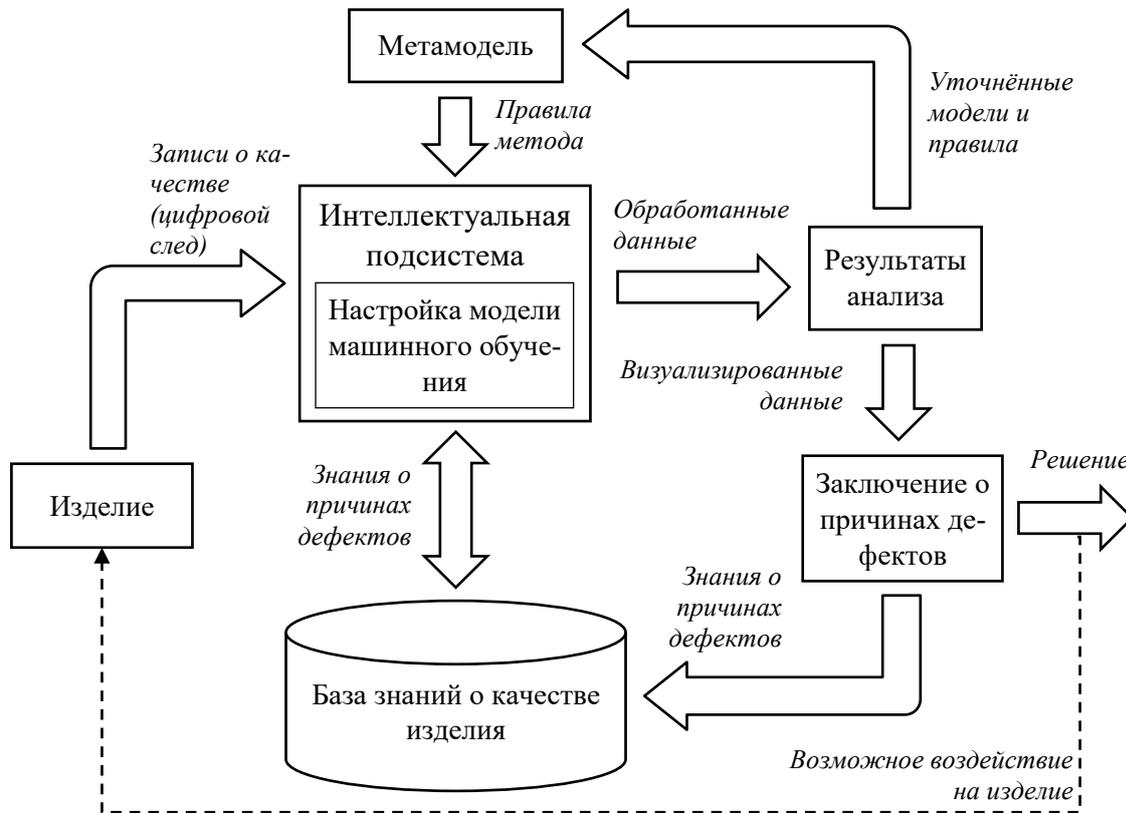


Рис. 4. Схема использования цифрового следа в интеллектуальной системе
 Fig. 4. Scheme of using a digital footprint in an intelligent system

Метод k -ближайших соседей машинного обучения для определения причины дефекта

Задача выбора причины дефекта является типичной задачей классификации в машинном обучении, связанной с анализом большого числа признаков, для решения которой воспользуемся методом k -ближайших соседей (k Nearest Neighbors, или kNN) [Толчеев, 2007, Madeh и др., 2020].

Как известно, метод k -ближайших соседей базируется на расчёте метрик и нормализации. Запишем алгоритм метода формально.

Допустим есть обучающая выборка $X = (x_i, y_i)_{i=1}^N$, где $x_i \in X$, $y_i \in Y$. Кроме того, задана симметричная по своим аргументам функция расстояния $\rho = X \otimes X \rightarrow [0, +\infty]$. Предположим, что требуется классифицировать новый объект u . С этой целью определим k наиболее близких к u в смысле расстояния ρ объектов обучающей выборки

$$X_k(u) = \{x_u^1, \dots, x_u^k\};$$

$$\forall x_{in} \in X_k(u) \forall x_{out} \in \frac{X}{X_k(u)}, \text{ причём } \rho(u, x_{in}) \leq \rho(u, x_{out})$$

Существуют как входящие в выборку элементы, так и не входящие в неё. Функция расстояния до входящих меньше или равна функции расстояния до не входящих элементов.

Метку класса объекта x_u^i обозначим y_u^i , тогда класс нового объекта определим как наиболее часто встречающийся класс среди объектов из $X_k(u)$:

$$a(u) = \operatorname{argmax}_{y \in Y} \sum_{i=1}^k I[y_u^i = y]$$

Выражение означает, что для каждой метки класса $y \in Y$ количество соседей u с такой меткой можно посчитать как сумму по всем соседям индикаторов событий, соответствующих тому, что метка соседа равна y .

Для расчёта ρ , как правило, используется обычное евклидово расстояние, которое рассчитывается следующим образом:

$$\rho(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2}$$

В некоторых случаях полезно использовать другие метрики: манхэттенскую метрику, Косинусное расстояние, метрику Минковского, Расстояние Жаккара и другие.

Разные атрибуты обычно обладают разным диапазоном представленных значений в выборке. Значения дистанции могут сильно зависеть от атрибутов с большими диапазонами, поэтому данные проходят через нормализацию.

MinMax-нормализация осуществляется следующим образом:

$$x' = \frac{x - \min[X]}{\max[X] - \min[X]}$$

в данном случае все значения будут находиться в диапазоне от 0 до 1.

Z-нормализация:

$$x' = \frac{x - M[X]}{\sigma[X]}$$

где σ – среднеквадратичное отклонение. В данном случае большинство значений попадает в диапазон.

Рассмотрим алгоритм реализации метода:

- Загрузка данных.
- Определение числа соседей k .
- Обход всего множества элементов и выполнение для каждого образца в данных:
 - определение расстояния между примером запроса и текущим примером из данных;
 - добавление индекса образца и его расстояние в упорядоченную коллекцию.
- Сортировка упорядоченной коллекции расстояний и индексов в порядке возрастания.
- Выбор первых k записей.
- Выбор метки выбранных k записей.
- Определение наиболее часто встречающегося значения выбранных ранее меток k .

Заметим, что не существует оптимального способа определить наилучшее значение для k , поэтому обычно оно определяется методом подбора. Но чаще всего наиболее предпочтительным значением для k является 5.

Применительно к задаче классификации причины дефекта осуществляется такой же выбор параметров из выборки по признаку наибольшей близости к оцениваемым свойствам. Например, если есть некоторый дефект, связанный с человеческим фактором, то согласно рисунку 2 и рассмотренной последовательности действий можно определить от-

носятся ли он к проблемам с квалификацией, мотивацией, способностями, производственным опытом или отношениями в коллективе. Для практической реализации достаточно сформировать оценочные значения классификационных признаков и пропустить их через алгоритм оценки методом k -ближайших соседей.

Рассмотрим пример реализации метода k -ближайших соседей с помощью специальных программных средств.

Построение модели классификации дефектов в Knime Analytics Platform

Knime Analytics Platform – инструмент для анализа данных с открытым кодом, предоставляющий возможности для решения широкого круга задач с использованием значительного числа методов по анализу данных, включая чтение данных из различных источников, преобразование и фильтрацию, собственно анализ, визуализацию и экспорт. В нём деятельность по заданию логики модели осуществляется через создание Workflow-модели, которая состоит из узлов, реализующих нужные функции, соединяющихся между собой стрелочками, показывающими направление движения данных [Knime Analytics Platform, 2017].

Для построения модели машинного обучения для решения задачи классификации причин дефектов сформируем признаки, по которым будет работать алгоритм. Для простоты выберем одну из ветвей на диаграмме Исикавы, связанную с оборудованием. Условимся считать, что для рассматриваемого бизнес-процесса пяти возможных классов проблем с оборудованием достаточно. Согласно рис.1 это проблемы: связанные с типом оборудования, связанные с износом отдельных элементов оборудования, связанные с обеспечением заданной точности оборудования, связанные с возрастом оборудования, связанные с качеством контроля условий эксплуатации.

Рассмотрим измеримые характеристики, которые будут влиять на возможность отнесения к классу одной из причин:

- наличие поломок в прошлом (качественная характеристика);
- наличие проблем с эксплуатацией оборудования в прошлом (качественная характеристика);
- возраст оборудования (в годах);
- отношение оставшегося времени до замены компонентов оборудования, подверженных ускоренному износу к интервалу между заменами (в долях);
- отношение оставшегося времени до замены расходных материалов в составе оборудования к интервалу между заменами (в долях);
- наличие проблем с точностью оборудования в прошлом (качественная характеристика);
- отношение оставшегося времени до проверки оборудования на точность к интервалу между проверками (в долях);
- соответствие квалификации обслуживающих оборудование лиц требованиям (качественная характеристика);
- наблюдаемый вид отказа оборудования (множество вариантов).

Если отобрать, например, 50 реальных отказов по причинам, связанным с оборудованием и для каждого из них определить перечисленные характеристики, то можно будет сформировать модель для обучения алгоритма на этой выборке по отбору тех причин, которые были выявлены экспертами. Далее на новых выборках можно будет использовать обученный алгоритм, который будет способен генерировать нужные решения (см. рис. 5).

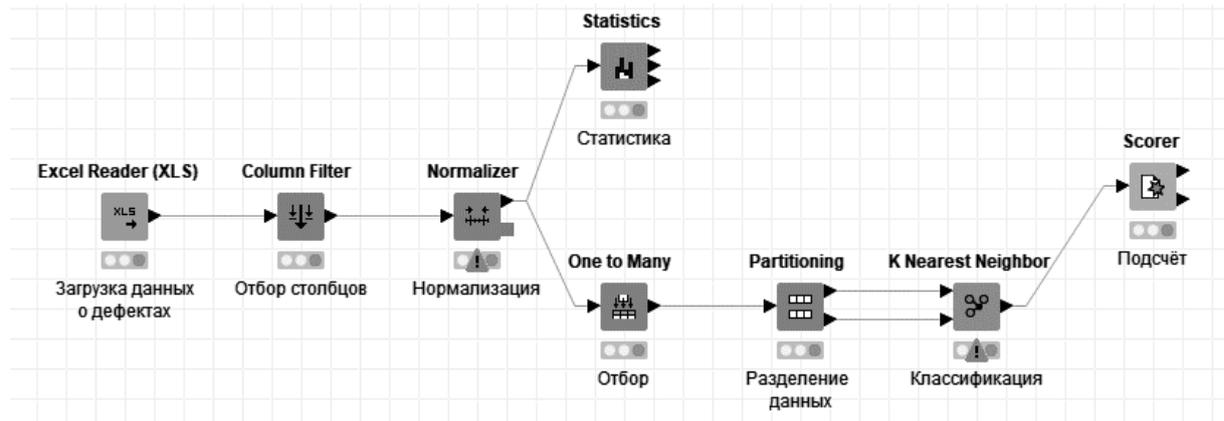


Рис. 5. Модель классификации машинного обучения для задачи выбора причины дефекта
Fig. 5. Machine Learning classification model for defect cause selection problem

При возникновении новых данных (причин дефектов) можно будет воспользоваться моделью для формирования новых кластеров (см. рис. 6).

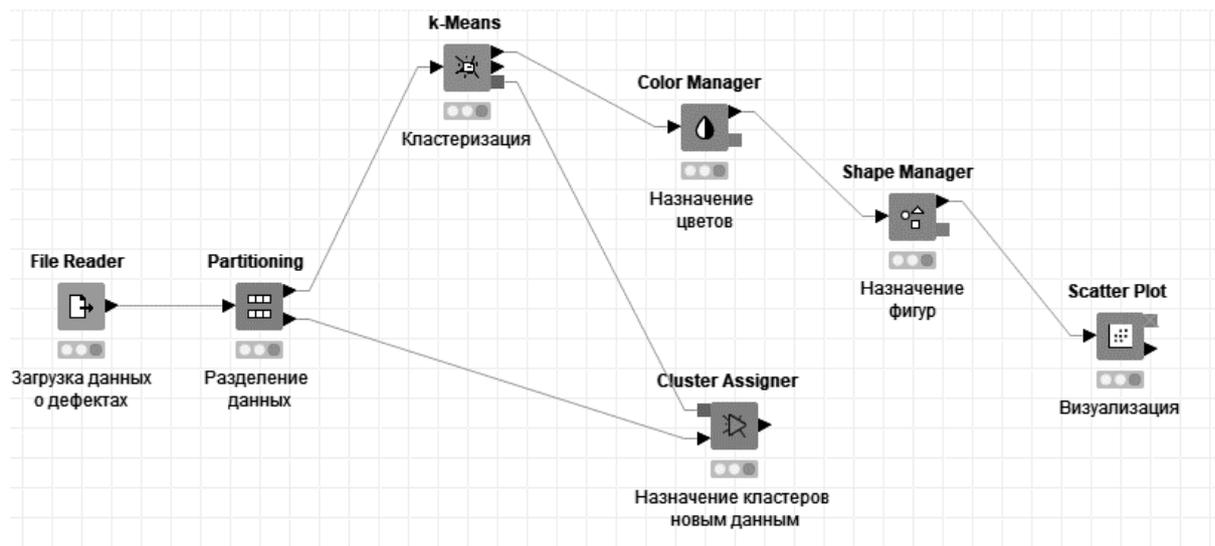


Рис. 6. Модель кластеризации машинного обучения для задачи выбора причины дефекта
Fig. 6. Machine Learning clustering model for defect cause selection problem

Таким образом, при помощи инструмента для анализа данных Knime Analytics Platform можно сформировать алгоритм машинного обучения в области обеспечения качества, что было продемонстрировано на примере задачи выбора причин дефектов оборудования на приборостроительном предприятии.

Заклучение

В результате проведённых исследований была проанализирована предметная область обеспечения качества, сформирована концептуальная модель интеллектуальной подсистемы системы поддержки принятия решений о качестве на основе алгоритма машинного обучения. Для задачи классификации причин дефектов проведено исследование предметной области, сформирован подход по формированию категорий причин на основе известного метода при-

чинно-следственной диаграммы Исикавы, который использован как метод формирования категорий для последующей цифровой обработки, построена структурная модель системы поддержки принятия решений о причинах дефектов. Проведён анализ проблемы сбора и подготовки информации о качестве на основе цифрового следа, т.е. так называемых записей о качестве, построена модель сбора для интеллектуальной подсистемы информации о качестве изделий, в данном случае представляющей собой описание характеристик среды изготовления изделия, которые могут быть выбраны в качестве категорий причин дефектов. В качестве метода машинного обучения предложен метод *k*-ближайших соседей, для применения которого был использован программный продукт *Knime Analytics Platform*.

Можно констатировать, что актуальная задача построения новой модели машинного обучения на основе сбора цифрового следа для задачи классификации причин дефектов предметной области обеспечения качества практически реализуема и может быть сведена к инженерной за счёт применения, например, обладающей признаками научной новизны, методике сбора цифрового следа с категоризацией на основе причинно-следственной диаграммы Исикавы и использования инструментария *Knime Analytics Platform*.

Исследование проводилось для задач принятия решений в сфере обеспечения качества на предприятии авиационного приборостроения, но его результаты могут быть полезны и в других областях промышленности, в которых достаточно широкая номенклатура производимых изделий, деталей или сборочных единиц. В дальнейшем планируется апробация предложенных методов в других предметных областях.

Список источников

- Snow D. 2022. Machine Learning and Data Science Applications in Industry. URL: <https://github.com/firmai/industry-machine-learning> (accessed 19.09.2022).
Knime Analytics Platform – open source системы для анализа данных. 2017. URL: <https://habr.com/ru/post/320500/>. – (Дата обращения: 07.09.2022).

Список литературы

- Chen Yang, Weiming Shen, Xianbin Wang. 2018. The Internet of Things in Manufacturing: Key Issues and Potential Applications. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*. V. 4 (1): 6–15. DOI:10.1109/msmc.2017.2702391.
Kim C, Gupta R, Shah A, Madill E, Prabhu AV, Agarwal N. 2018. Digital Footprint of Neurological Surgeons. *World Neurosurg*, v. 113: e172–e178. doi: 10.1016/j.wneu.2018.01.210.
Madeh S. Piryonesi, Tamer E. El-Diraby. 2020. Role of Data Analytics in Infrastructure Asset Management: Overcoming Data Size and Quality Problems. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*. 2020-06. V. 146, iss. 2. P. 04020022. ISSN 2573-5438 2573-5438, 2573-5438.
Negri Elisa. 2017. A review of the roles of Digital Twin in CPS-based production systems. *Procedia Manufacturing*. V. 11: 939–948. doi:10.1016/j.promfg.2017.07.198.
Zachman J. A. 1987. Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal* 26: 276-292.
Антонов В.В., Конев К.А. 2021. Интеллектуальный метод поддержки принятия решений в типовой ситуации. *Онтология проектирования*. Т.11. 1(39): 126-136.
Антонов В.В., Конев К.А. Куликов Г.Г., Суворова В.А. 2021. Ситуационно-онтологическая методология принятия решений на примере бизнес-процессов авиаприборостроительного предприятия. *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. Т. 21. 1: 102-115.
Исикава К. Японские методы управления качеством. 1988. М: «Экономика», 199 с.
Коробеев А.И., Чучаев А.И. 2018. Беспилотные транспортные средства, оснащённые системами искусственного интеллекта: проблемы правового регулирования. *Азиатско-тихоокеанский регион: экономика, политика, право*. Т. 20. 3: 117-132. – DOI 10.24866/1813-3274/2018-3/117-132
Толчеев В.О. 2007. Модифицированный и обобщенный метод ближайшего соседа для классификации библиографических текстовых документов. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. Т. 75. 7: 63-70.
Флах П. Машинное обучение. 2015. М., ДМК Пресс, 400 с.

References

- Chen Yang, Weiming Shen, Xianbin Wang. 2018. The Internet of Things in Manufacturing: Key Issues and Potential Applications // *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*. V. 4 (1). pp. 6–15. ISSN 2333-942X. doi:10.1109/msmc.2017.2702391.
- Kim C, Gupta R, Shah A, Madill E, Prabhu AV, Agarwal N. 2018. Digital Footprint of Neurological Surgeons. *World Neurosurg*, v. 113, pp. e172–e178. doi: 10.1016/j.wneu.2018.01.210.
- Madeh S. Piryonesi, Tamer E. El-Diraby. 2020. Role of Data Analytics in Infrastructure Asset Management: Overcoming Data Size and Quality Problems. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*. 2020-06. V. 146, iss. 2. P. 04020022. ISSN 2573-5438 2573-5438, 2573-5438.
- Negri Elisa. A review of the roles of Digital Twin in CPS-based production systems. *Procedia Manufacturing*. V. 11, 2017: 939–948. doi:10.1016/j.promfg.2017.07.198.
- Overview of Knime Analytics Platform – an open source system for data analysis. 2017. [Electronic resource] URL: <https://habr.com/ru/post/320500/> (accessed 17.09.2022)
- Snow D. 2022. Machine Learning and Data Science Applications in Industry. [Electronic resource] URL: <https://github.com/firmai/industry-machine-learning> (accessed 19.09.2022).
- Zachman J. A. 1987. Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal* 26: 276-292.
- Antonov V.V., Konev K.A. 2021. Intelligent decision support method in a typical situation. *Design ontology*. V.11. 1(39): 126-136. (in Russian).
- Antonov V.V., Konev K.A. Kulikov G.G., Suvorova V.A. 2021. Situational-ontological decision-making methodology on the example of business processes of an aircraft instrument-making enterprise. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer technologies, control, radio electronics*. V. 21. 1: 102-115. (in Russian).
- Ishikawa K. 1988. Japanese methods of quality management, Moscow. Economics, 199 p. (in Russian)
- Korobeev A.I., Chuchayev A.I. 2018. Unmanned vehicles equipped with artificial intelligence systems: problems of legal regulation // *Asia-Pacific region: economics, politics, law*. V. 20. 3: 117-132. – DOI 10.24866/1813-3274/2018-3/117-132
- Tolcheev V.O. 2007. Modified and generalized nearest neighbor method for classification of bibliographic text documents, in *Zavodskaya lab. Material diagnostics*. V. 75. no. 7. pp. 63-70, (in Russian).
- Flach P. Machine learning, 2015. Moscow: DMK Press, 400 p. (in Russian).

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Конеv Константин Анатольевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматизированных систем управления Уфимского университета науки и технологий (быв. УГАТУ), г. Уфа, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Konstantin A. Konev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Department of Automated Control Systems, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

УДК 621.39

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-833-853

Анализ и аппроксимация функций по эмпирическим данным на основе субполосных представлений

¹ Жиляков Е.Г., ² Лубков И.И., ¹ Болгова Е.В.

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

² ООО «Технопроект», ул. Корочанская, д. 132а, г. Белгород, 308009, Россия
E-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru

Аннотация. Эмпирические данные служат основным источником знаний о природных явлениях и процессах. Разработке методов анализа закономерностей их поведения в зависимости от конкретных условий посвящено большое количество работ, среди которых особое место занимают математические модели, описывающие исследуемые закономерности в количественном виде. В рамках данной работы показано, что многие общие аспекты анализа и аппроксимации функций по эмпирическим данным могут быть рассмотрены в рамках предложенного варианта субполосного анализа и синтеза с использованием основных понятий анализа Фурье.

Ключевые слова: математический аппарат субполосного анализа эмпирических данных, аппроксимация функций, прикладные задачи

Для цитирования: Жиляков Е.Г., Лубков И.И., Болгова Е.В. 2022. Анализ и аппроксимация функций по эмпирическим данным на основе субполосных представлений. Экономика. Информатика. 49(4): 833–853. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-833-853

Analysis and Approximation of Functions from Empirical Data Based on Subband Representations

¹ Evgeniy G. Zhilyakov, ² Ilya I. Lubkov, ¹ Evgeniya V. Bolgova

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

² Tehnoproekt LLC, 132a Korochanskaya St., Belgorod, 308009, Russia
E-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru

Abstract. Empirical data serve as the main source of knowledge about natural phenomena and processes. Many works are devoted to the development of methods for analyzing the patterns of their behavior depending on specific conditions, among which a special place is occupied by mathematical models that describe the patterns under study in a quantitative form. In the framework of this work, it is shown that many general aspects of the analysis and approximation of functions from empirical data can be considered within the framework of the proposed version of subband analysis and synthesis using the basic concepts of Fourier analysis.

Keywords: mathematical apparatus of subband analysis of empirical data, function approximation, applied problems

For citation: Zhilyakov E.G., Lubkov I.I., Bolgova E.V. 2022. Analysis and Approximation of Functions from Empirical Data Based on Subband Representations. Economics. Information technologies. 49(3): 833–853 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-833-853

Введение

Эмпирические данные (ЭД) – это результаты регистрации количественных значений некоторого параметра, характеризующего поведение исследуемого объекта (процесса) с интересующей исследователя точки зрения. Ниже в основном рассматривается ситуация пассивных экспериментов, когда на объект не оказывается специально организованных воздействий. Поэтому областью определения можно считать отрезки времени [Lanczos, 1959].

Регистрация ЭД осуществляется в дискретном наборе точек области определения параметра (физическая реализуемость процесса измерений).

Предполагается, что эмпирические данные отражают в общем случае неизвестное правило их генерации (функцию) в зависимости от некоторого аргумента (времени (временной ряд) или пространственных координат (изображение)).

Анализ этой функции предполагает описание её частных свойств, представляющих интерес с некоторых позиций литературный (энергетические проявления, скрытные периодичности, обнаружение разладок и т.д.).

В данной работе под аппроксимацией функций понимается построение представлений, позволяющих вычислить аппроксимации функциональных зависимостей без априорного постулирования их аналитического вида, что, как выразился Дж. Тьюки, равносильно навязыванию законов природе. При этом используются некоторые условия, определяющие качество аппроксимаций. [Методы компьютерной обработки..., 2001; González, Woods, 2008; Solomon, Breckon, 2010; Pratt, 2013].

Высокий интерес к этой проблематике обусловлен важностью ЭД, как источника научных знаний о природных явлениях и процессах. Поэтому существует большое количество работ, в которых описываются подходы к анализу и аппроксимации функций по ЭД, отражающие как специфику проводимых исследований, так и обосновывающие адекватность используемого при этом математического аппарата [González, Woods, 2008; Solomon, Breckon, 2010; Pratt, 2013]. В данной работе показано, что некоторые наиболее общие задачи анализа и аппроксимации функций по ЭД могут быть рассмотрены в рамках субполосных представлений, опирающихся на основные понятия Фурье – анализа последовательностей ЭД [Жиляков, Черноморец, 2009; Дворкович, Дворкович, 2012; Болгова, Черноморец, Черноморец, 2019; Заливин А и др., 2020; Жиляков Е. и др., 2022].

Некоторые важные задачи анализа и аппроксимации функций по ЭД

В дальнейшем, как правило, предполагается, что совокупность вещественнозначных компонентов вектора $\vec{x} = (x_1, \dots, x_N)'$, где штрих означает транспонирование, представляют собой соответствующее количество анализируемых ЭД.

Можно выделить некоторые направления их обработки, которые в настоящее время реализуются достаточно широко.

1. Декомпозиция векторов эмпирических данных (фильтрация) на заданное количество векторов такой же размерности

$$\vec{x} = (x_1, \dots, x_N)' = \sum_{r=1}^R \vec{y}_r, \quad (1)$$

например, при решении следующих содержательных задач:

- разделение сигналов, предназначенных разным абонентам при передаче информации;

- выделение скрытых периодичностей;
- отделение полезной с некоторой точки зрения компоненты

Пример (рис. 1): дендроряды и дендрохронология (дерево в качестве архива природных процессов).

Последовательности размеров годовых колец по оси абсцисс – годы.

Гладкая кривая-тренд характеризует ростовую функцию дерева (уровень восприятия внешних воздействий).

Красный график характеризует внешние условия роста (дерево как архив природных процессов-дендрохронология).

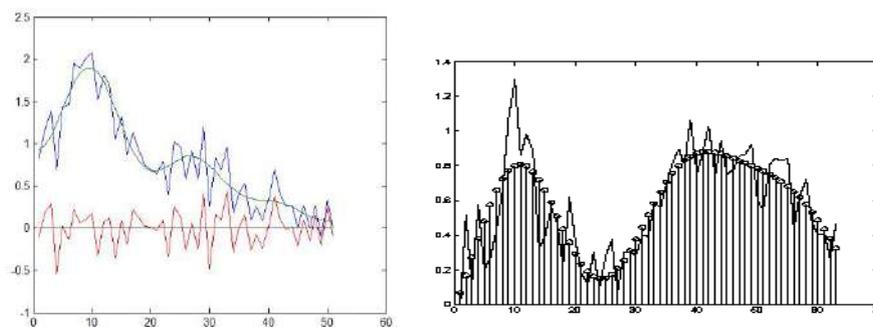


Рис. 1. Построение трендов дендрорядов
 Fig. 1. Construction of dendror trends

2. Интерполяция и оценивание производных неизвестных функций по дискретным отсчетам при оценивании скорости изменений исследуемого параметра в задачах управления.

3. Обнаружение разладок – значимых изменений свойств, например, обнаружение сигналов на фоне шумов, сегментация речевых сигналов на словные отрезки (рис. 2) и т.д.

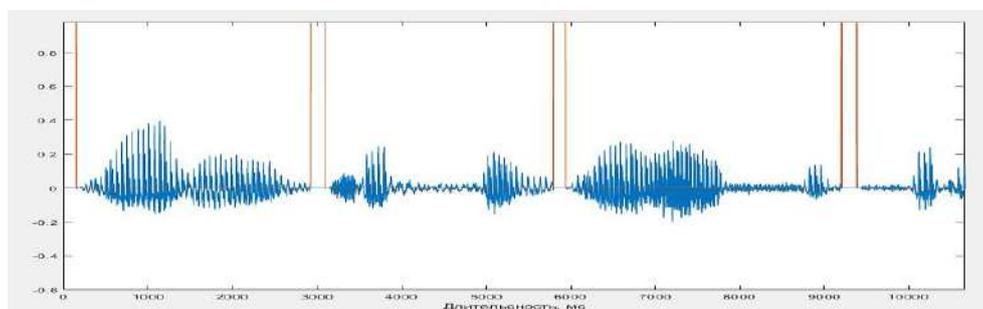


Рис. 2. Селекция пауз между словными отрезками речевого сигнала
 Fig. 2. Selection of pauses between word segments of a speech signal

4. Сжатие данных (уменьшение объемов битовых представлений) при хранении и передаче [Радченко, 2002; Стрелков, Умняшкин, 2003; Артюшенко, Шелухин, Афонин, 2004; Авдеев, Чобану, 2006; Крящев и др. 2011].

При этом достаточно часто используется прием представления функций с помощью ортогональных базисов

$$Q = (\vec{q}_1 \dots \vec{q}_N); Q'Q = QQ' = \text{diag}(1, \dots, 1)$$

Временные ряды

$$\vec{x} \approx \sum_{k=1}^M \alpha_k \vec{q}_k, M \ll N. \quad (2)$$

Изображения

$$F = \{f_{ik}\}, i, k = 1, \dots, N \approx \sum_{m,n=1}^R \alpha_{ik} \vec{q}_i \vec{h}_k, R \ll N. \quad (3)$$

$$H = (\vec{h}_1 \dots \vec{h}_N); H' H = H H' = \text{diag}(1, \dots, 1).$$

Пример: сжатие изображений (монохроматическое) земной поверхности.
 Исходное изображение – посередине, сжатые почти в 100 раз – по краям.

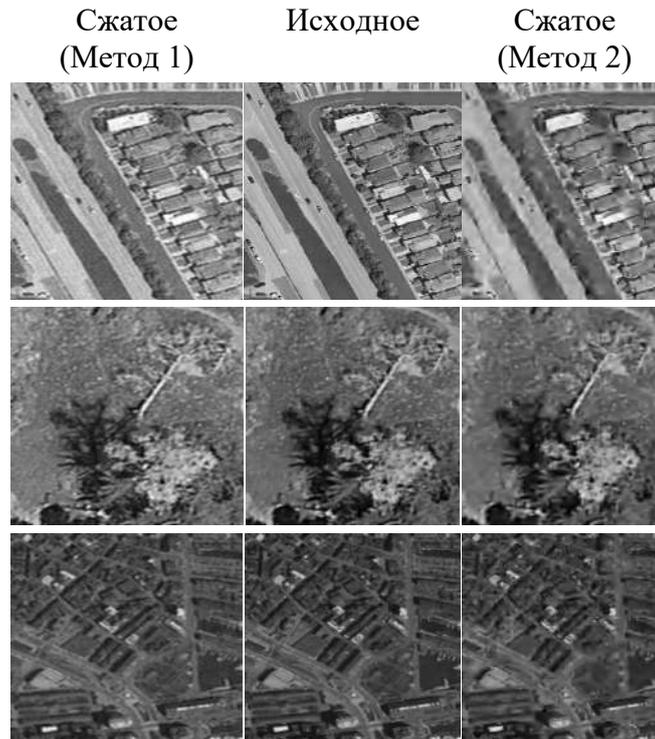


Рис. 3. Сжатие изображений (монохроматические) земной поверхности
 Fig. 3. Compression of images (monochromatic) of the Earth's surface

Декларируемый в данной работе основной методологический принцип: при разработке средств анализа и аппроксимации функций по эмпирическим данным необходимо руководствоваться только самыми общими соображениями (гипотезами) о физических свойствах генерирующих их объектов.

Наиболее важным общим свойством физически реализуемых объектов является ограниченность их энергетических возможностей, следствием чего является непрерывность неизвестной функции и существование её производных, евклидовы нормы которых конечны

$$\|x\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t) dt < \infty, \quad (4)$$

$$\|x^{(k)}\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x^{(k)})^2(t) dt < \infty, k = 1, 2, \dots \quad (5)$$

Одним из следствий такого свойства является возможность использования представлений аппроксимируемых функций через комплексные функции с финитной областью определения (частотные представления) [Жилияков, Черноморец, 2009].

$$x(t) = \int_{z \in \Omega} X(z) \exp(jzt) dz / 2\pi, \quad (6)$$

где z – круговая частота $z = 2\pi\nu$, причем произведение νt является безразмерным числом;

$$\Omega = [-\Omega_2, -\Omega_1) \cup [\Omega_1, \Omega_2), \Omega = 2\pi\nu_0. \quad (7)$$

Справедливо дуальное соотношение

$$X(z) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \exp(-jzt) dt. \quad (8)$$

Интеграл в формуле (8) принято называть преобразованием Фурье, а результат интегрирования называется трансформантой Фурье.

Некоторые важные с позиций приложений элементы теории частотных представлений непрерывных функций с ограниченной евклидовой нормой (энергией)

Справедливо равенство Парсеваля

$$\|x\|^2 = \int_{z \in \Omega} |X(z)|^2 dz / 2\pi, \quad (9)$$

которое описывает распределение квадрата евклидовой нормы функции (энергии) в частотной области, что важно с физической точки зрения.

Особый интерес представляет то, что высокая концентрация энергии в окрестности некоторой точки частотной области может свидетельствовать о наличии специальных сигналов или квазициклических компонентов в исходной функции. Это обстоятельство является важным физическим обоснованием адекватности использования преобразований Фурье (частотных представлений) при анализе и аппроксимации функций по эмпирическим данным. Другие преобразования носят скорее формальный характер.

Интервал изменения аргумента при наблюдении за исследуемым объектом всегда имеет конечные размеры. Трансформанта Фурье конечного отрезка имеет вид

$$X_T(z) = \int_0^T x(t) \exp(-jzt) dt. \quad (10)$$

Подстановка сюда представления (6) дает

$$X_T(z) = \exp(jTz/2) \int_{u \in \Omega} X(u) \exp(-jTu/2) \sin(T(u-z)/2) / (\pi(u-z)) du. \quad (11)$$

Таким образом, областью определения трансформанты Фурье конечного отрезка функции служит вся числовая ось. Это необходимо учитывать при дискретизации аргумента в методах цифровой обработки эмпирических данных

Роль частотных представлений при решении проблемы дискретизации аргумента

Проблема заключается в выборе шага эквидистантной дискретизации на основе разрешения противоречия между стремлением максимально сократить количество отсчетов N с приемлемым при этом искажением информации об исходной непрерывной функции

$$x_k = x(k\Delta t), k = 1, \dots, N: (N-1)\Delta t = T. \quad (12)$$

Для оценки уровня искаженности информации за счет дискретизации целесообразно использовать сопоставление характеристик исходной функции с характеристиками её интерполяционной функции, которая должна быть непосредственно связана с шагом дискретизации.

В основе построения такой сопоставляемой интерполяционной функции используется понятие трансформанты Фурье дискретизированной последовательности отсчетов

$$X_d(z) = \sum_{k=1}^N x_k \exp(-jz(k-1)\Delta t). \quad (13)$$

Легко показать, что эта трансформанта является периодической

$$X_d(z) = X_d(z + m2\pi / \Delta t), |m|=0,1,\dots \quad (14)$$

с периодом $2\pi / \Delta t$.

В виду свойства ортогональности комплексных экспонент на этом периоде

$$\int_u^{u+2\pi/\Delta t} \exp(-jz(k-i)\Delta t) dz = 0, i \neq k, \quad (15)$$

справедливо дуальное представление (обратное преобразование Фурье)

$$x_k = \Delta t \int_{-\pi/\Delta t}^{\pi/\Delta t} X_d(z) \exp(jz(k-1)\Delta t) dz / 2\pi. \quad (16)$$

Отсюда легко получить интерполяционную формулу, если произвести замену $(k-1)\Delta t$ на t (формулой Котельникова-Шеннона-Уиттекера)

$$\hat{x}(t) = \sum_{k=1}^N x_k \sin(\pi(t/\Delta t - k + 1)) / \pi(t/\Delta t - k + 1). \quad (17)$$

В качестве меры искажения информации можно использовать евклидову норму разности между интерполяционной и исходной функцией, значения которой могут быть получены с меньшим интервалом дискретизации (прореживание ЭД).

Справедливо соотношение Найквиста, устанавливающее зависимость трансформанты Фурье отсчетов от трансформанты исходной функции

$$X_d(z) = X(z) + \sum_{m=1}^{\infty} [X(z + m2\pi / \Delta t) + X(z - m2\pi / \Delta t)].$$

Именно оно позволяет сделать и следующий более общий вывод, который имеет асимптотическую форму.

Предположим, что для исходной функции бесконечной длительности (асимптотика) при соответствующем выборе шага дискретизации может быть выполнено тождество (финитный спектр)

$$X(|u| > \pi / \Delta t) = 0, \quad (19)$$

Тогда из соотношения (18) следует равенство

$$X_d(z) = X(z), |z| < \pi / \Delta t, \quad (20)$$

так что интерполяционная формула (17) преобразуется в точную

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x_k \sin(\pi(t/\Delta t - k + 1)) / \pi(t/\Delta t - k + 1), \quad (21)$$

Условие (20) возможности точной интерполяции на основе (21) и составляет суть так называемой теоремы отсчетов.

Некоторые современные приемы анализа ЭД на основе частотных представлений

1. Спектральный анализ на основе дискретного преобразования Фурье (ДПФ)

$$X_d(2(m-1)\pi/N\Delta t) = \sum_{k=1}^N x_k \exp(-j2\pi(k-1)(m-1/N)), m=1, \dots, N. \quad (**)$$

Распространенность ДПФ обусловлена наличием быстрых алгоритмов его вычисления (БПФ), позволяющего сократить вычисления в $N / \log_2(N)$ раз. В настоящее время выпускаются специальные процессоры, реализующие БПФ на аппаратном уровне.

2. Выделение компонент на основе цифровых свертков (КИХ-фильтры)

$$y_k = \sum_{m=0}^M w_m x_{k-m}, k=1, \dots, N. \quad (***)$$

Зависимость выходных последовательностей таких фильтров от спектра Фурье входных векторов имеет вид

$$y_k = \Delta t \int_{-\pi/\Delta t}^{\pi/\Delta t} W(z) X(z) dz / 2\pi. \quad (***)$$

Таким образом, в соответствии с формулой (11) нельзя обеспечить зависимость только от одной достаточно узкой субполосы области определения трансформанты Фурье входных данных.

Очевидно, что широкое применение ДПФ и КИХ-фильтрация свидетельствует о важности обработки ЭД на основе субполосной методологии.

Под субполосной методологией понимается анализ и аппроксимация функций с позиций разбиения частотной полосы на неперекрывающиеся субполосы

$$V_r = [-v_{r2}, -v_{r1}) \cup [v_{r1}, v_{r2}), r=0, \dots, R, \quad (22)$$

где имеется в виду нормированная круговая частота $v = z\Delta t$;

$$v_{R2} = \pi; v_{01} = 0; v_{r-1,2} = v_{r1}, r=1, \dots, R. \quad (23)$$

Важно отметить, что современная теория КИХ-фильтрации позволяет создать наборы взаимосвязанных фильтров для прямой фильтрации и восстановления после прореживания исходного входного воздействия. Именно на этой основе созданы методы так называемого кратномасштабного анализа, который принято называть вейвлет-анализом.

Разработанные в БелГУ методы субполосного анализа и аппроксимации функций по ЭД

Построение интерполяционной функции и аппроксимации её производной на основе вариационного условия в рамках субполосных представлений

Воспользуемся соотношением между интерполирующей функцией и её производной $f(t)$

$$\hat{x}(t) = \hat{x}(0) + \int_0^t f(t) dt \quad (24)$$

При этом полагаем выполнение интерполяционных условий

$$\widehat{x}(k\Delta t) = x(k\Delta t) = x_k, k = 0, \dots, N. \quad (25)$$

Решение задачи интерполяции ищем в классе функций, для производных которых справедливо частотное представление (финитный спектр)

$$f(t) = \int_{-V}^V F(z) \exp(jzt) dz / 2\pi, \quad (26)$$

а для однозначности отбора кроме выполнения равенств (23) введем вариационное условие минимизации евклидовой нормы

$$\|f\|^2 = \int_{-V}^V |F(z)|^2 dz / 2\pi = \min. \quad (27)$$

Подстановка представления (26) в (24) с учетом требований (25) дает систему уравнений

$$x_k - x_0 = r_k = \int_{-V}^V F(z) \exp(jzk\Delta t / 2) \sin(zk\Delta t / 2) dz / \pi z. \quad (28)$$

Очевидно, что эти уравнения и условие (27) формируют вариационную изопериметрическую задачу, решение которой имеет вид

$$F(z) = \sum_{n=0}^N b_n \exp(-jzn\Delta t / 2) \sin(zn\Delta t / 2) / \pi z \quad (29)$$

Подстановка этой формы в (28) дает систему уравнений

$$A\vec{b} = \vec{r} = (r_1, \dots, r_N)', \quad (30)$$

где $A = \{a_{kn}\}, k, n = 1, \dots, N;$

$$a_{kn} = 2 \int_0^V \sin(zn\Delta t / 2) \sin(zk\Delta t / 2) \cos(z(k-n)\Delta t / 2) dz / (\pi z)^2. \quad (31)$$

Можно показать, что при выполнении условия

$$V = \pi / \Delta t, \quad (32)$$

матрица с элементами (31) является неособенной [Gantmakher, 1959; Horn, Johnson, 2013].

Дальнейшие построения оценки интерполирующей функции и её производной заключаются в численном интегрировании

$$\widehat{x}(t) = x_0 + 2 \sum_{n=1}^N b_n \int_0^V \sin(zt / 2) \sin(zn\Delta t / 2) \cos(z(t - n\Delta t / 2)) dz / (\pi z)$$

$$f(t) = \sum_{n=1}^N b_n \int_0^V \sin(zn\Delta t / 2) \cos(z(t - n\Delta t / 2)) dz / \pi z.$$

Формулировка методологического принципа субполосного анализа и аппроксимации функций по ЭД

Очевидно, что при разбиении частотной области на субполосы (22) равенство Парсеваля для дискретных ЭД преобразуется к виду суммы этих частей

$$\|\vec{x}\|^2 = \sum_{r=0}^R P_r(\vec{x}). \quad (33)$$

Поэтому представляется естественным в качестве основного методологического принципа построения адекватных методов субполосного анализа и аппроксимации функций по ЭД использовать понятия части энергии (части квадрата евклидовой нормы), приходящейся на соответствующую субполосу (попадающей в субполосу)

$$P_r(\vec{x}) = \int_{v \in V_r} |X_d(v)|^2 dv / 2\pi. \quad (34)$$

Целесообразность использования этого принципа обусловлена возможностью построения на его основе методов (в том числе оптимальных) решения основных прикладных задач анализа и аппроксимации функций по ЭД с использованием адекватного математического аппарата [Жилияков, 2015].

Математический аппарат субполосной обработки ЭД на основе сформулированного принципа

Подстановка в формулу (34) определения трансформанты Фурье дискретизованных данных (13) позволяет получить представление этой характеристики в виде квадратичной формы

$$P_r(\vec{x}) = \vec{x}' \vec{A}_r \vec{x} \quad (35)$$

с субполосными матрицами $A_r = \{a_{ik}^r\}, i, k = 1, \dots, N$, элементы которых определяются соотношениями

$$a_{ik}^r = \int_{v \in V_r} \exp(-jv(i-k)) dv / 2\pi = (\sin(v_{r2}(i-k)) - \sin(v_{r1}(i-k))) / \pi(i-k), \quad (36)$$

$$a_{ii}^r = (v_{r2} - v_{r1}) / \pi.$$

Таким образом, при анализе функций характеристику (34) можно вычислить непосредственно в области определения ЭД.

Некоторые важные для дальнейшего свойства субполосных матриц

1. Непосредственно из (34) и (35) следует положительная определенность субполосных матриц, а соотношения (36) показывают, что они являются симметричными.

2. В виду симметрии и положительной определенности они обладают полной системой ортонормальных собственных векторов (являются матрицами простой структуры), соответствующими неотрицательным собственным числам

$$A_r = Q_r L_r Q_r' Q_r = (\vec{q}_1^r \dots \vec{q}_N^r), \quad (37)$$

$$A_r Q_r = Q_r L_r Q_r Q_r' = Q_r' Q_r = \text{diag}(1, \dots, 1); \quad (38)$$

$$L_r = \text{diag}(\lambda_1^r, \dots, \lambda_N^r), \lambda_1^r > \lambda_2^r > \dots > \lambda_N^r > 0;$$

Набор собственных векторов любой субполосной матрицы может служить полным ортонормальным базисом линейного пространства векторов соответствующей размерности

$$\vec{x} = Q_r \vec{\alpha}_r, \vec{\alpha}_r = (\alpha_1^r, \dots, \alpha_N^r)', \quad (39)$$

$$\alpha_{ir} = (\vec{x}, \vec{q}_i^r) = \int_{v \in V_r} X(v) G_i^r(-v) dv / 2\pi + \int_{v \notin V_r} X(v) G_i^r(-v) dv / 2\pi. \quad (40)$$

$$G_i^r(v) = \sum_{k=1}^N q_{ki}^r \exp(-j(k-1)v).$$

Очевидно, что подстановка представлений (39) в (35) дает соотношение, позволяющее оценить вклад проекций исходного вектора на собственные векторы

$$P_r(\bar{x}) = \sum_{k=1}^N \lambda_k^r \alpha_{kr}^2, \quad (41)$$

Субполосные свойства собственных чисел и векторов (базисов)

$$0 < \lambda_i^r = \int_{v \in V_r} |G_i^r(v)|^2 dv / 2\pi \leq 1; \quad (42)$$

$$\lambda_{j_r}^r \approx 0, J_r = [Na_{ii}^r] + 4. \quad (43)$$

С другой стороны, если выполняется неравенство

$$K_r = [Na_{ii}^r] - 6 > 0, \quad (44)$$

то с высокой точностью выполняются равенства

$$\lambda_1^r \approx \dots \approx \lambda_{K_r}^r \approx 1. \quad (45)$$

Квадратные скобки означают целую часть числа.

Сопоставление формул (42) и (43) с (40) показывает, что только проекции на собственные векторы, соответствующие единичным собственным числам, полностью определяются отрезком трансформанты из заданной субполосы.

Построение оптимальных векторных аппроксимаций последовательностей ЭД на основе субполосных мер погрешностей (критериев)

Под векторной аппроксимацией последовательностей ЭД имеются в виду удовлетворяющие некоторым условиям векторы, размерность которых совпадают с количеством анализируемых данных. Отметим, что такие аппроксимации можно считать функциями отсчетов соответствующего аргумента.

В качестве меры взвешенной погрешности субполосной аппроксимации исходного вектора некоторым вектором \bar{y} такой же размерности и трансформантой Фурье $Y(v)$ предлагается использовать функционал следующего вида

$$G_r(\bar{x}, \bar{y}, b) = (1-b)P_r(\bar{x} - \bar{y}) + b(\|\bar{y}\|^2 - P_r(\bar{y})), 0 \leq b < 1. \quad (46)$$

Отметим, что здесь первое слагаемое в правой части характеризует величину отклонения отрезков трансформанта Фурье в рассматриваемой субполосе, а второе, согласно равенству Парсеваля, служит мерой невыполнения тождества

$$Y(v) \equiv 0, v \notin V_r. \quad (47)$$

Нетрудно показать справедливость следующего утверждения

$$G(\bar{x}, B_r^b \bar{x}, b) = \min G(\bar{x}, \bar{z}, b), \forall \bar{z} \in R^N. \quad (48)$$

где

$$B_r^b = (1-b)(bI + (1-2b)A_r)^{-1} A_r, I - \text{diag}(1, \dots, 1). \quad (48')$$

Таким образом, соотношение

$$\bar{y}_r^b = B_r^b \bar{x} \quad (49)$$

определяет оптимальную в смысле минимума критерия (46) субполосную аппроксимацию исходной функции. Очевидно, что её использование можно интерпретировать как оптимальную фильтрацию с прямоугольной частотной характеристикой [Жиляков, 2015].

Важным частным случаем является выбор $b=0.5$, так что формула (49) принимает вид

$$\bar{y}_r = A_r \bar{x} \quad (50)$$

Имея в виду формулу (36), легко показать, что компоненты аппроксимирующего вектора зависят только от отрезка трансформанты Фурье исходного вектора в заданной субполосе, то есть имеет место представление

$$y_{kr} = \int_{v \in V_r} X(v) \exp(jv(k-1)) dv / 2\pi. \quad (50')$$

Важность этого отличия от КИХ-фильтрации (****) проявляется при вычислении аппроксимирующих векторов, когда в соседней субполосе содержится большая доля энергии.

Пример. Сопоставление КИХ-фильтрации и использования (50).

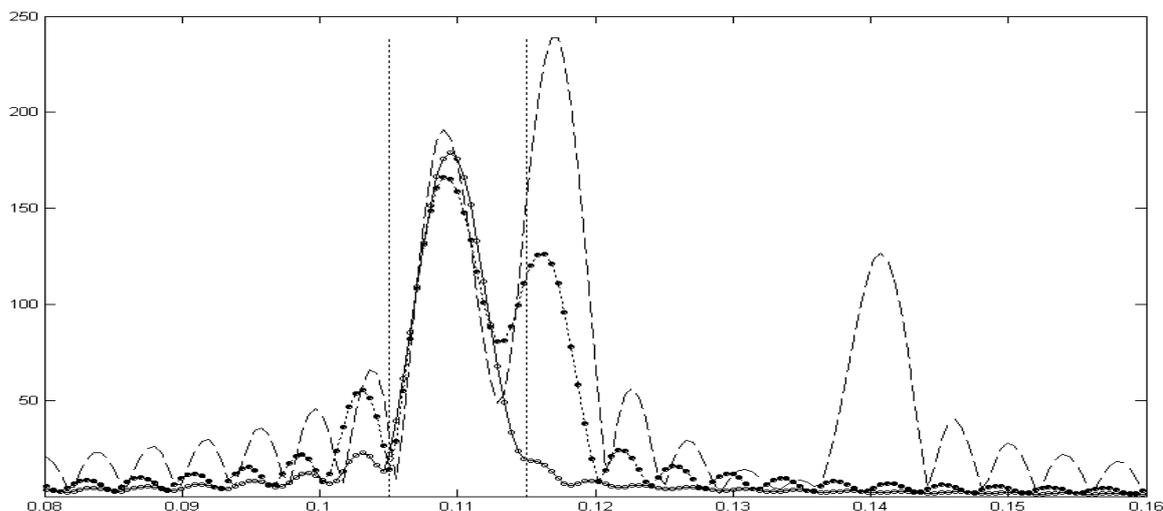


Рис. 4. Зависимости модулей трансформант Фурье (ось ординат): исходного сигнала (пунктир) и выходных последовательностей КИХ- фильтра (линия с маркером «точка»), оптимального фильтра (линия с маркером «кружок») от нормированной частоты (ось абсцисс) в диапазоне частот ($\nu_1 = 0,105\pi$; $\nu_2 = 0,115\pi$) (вертикальные пунктирные линии)

Fig. 4. Dependences of the modules of the Fourier transformants (ordinate axis): the source signal (dotted line) and the output sequences of the FIR filter (line with marker "dot") and the optimal filter (line with marker "circle") on the normalized frequency (abscissa axis) in the frequency range ($\nu_1 = 0,105\pi$; $\nu_2 = 0,115\pi$) (vertical dotted lines)

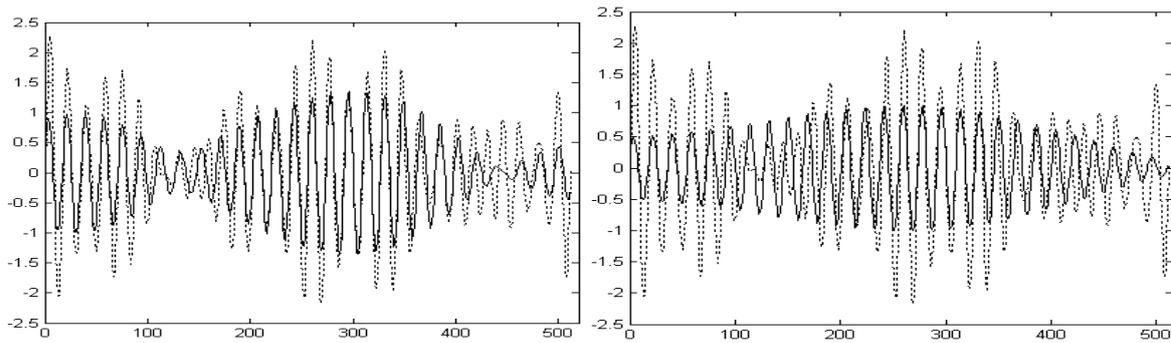


Рис. 5. Зависимости (ось ординат): исходного сигнала (пунктирная линия) и выходных последовательностей (сплошная линия) а– КИХ- фильтра; б– оптимального фильтра от номеров отсчетов (ось абсцисс) для границ частотного интервала ($\nu_1 = 0,105\pi$; $\nu_2 = 0,115\pi$)

Fig. 5. Dependences (ordinate axis) of: the source signal (dotted line) and output sequences (solid line) of the a–filter; b- optimal filter on the sample numbers (abscissa axis) for the boundaries of the frequency interval ($\nu_1 = 0,105\pi$; $\nu_2 = 0,115\pi$)

Свойство аддитивности полного набора аппроксимаций вида (50)

Так как при разбиении формул (22) и (23) на субполосы имеет место равенство

$$\sum_{r=0}^R A_r = \text{diag}(1, \dots, 1) = I, \quad (51)$$

то для векторов вида (50) будет выполняться аддитивное свойство

$$\sum_{r=0}^R \bar{y}_r = \bar{x}. \quad (52)$$

Другие способы фильтрации таким важным свойством не обладают.

Свойство (52) зависимости выходных последовательностей фильтров вида (50) только от отрезков трансформанты Фурье в соответствующих субполосах было использовано при синтезе в слуховых аппаратах акустических воздействий на слуховую систему в виде линейной формы

$$\hat{x}_w = \sum_{r=0}^R w_r \bar{y}_r, \quad w_r > 0. \quad (53)$$

Весомости $w_r > 0$ определяются при настройке слухового аппарата на этапе анализа ослабления реакции слуха на воздействие акустического колебания, возбуждаемого синусоидальными сигналами в соответствующей субполосе.

С учетом правой части (50) соотношение (53) нетрудно преобразовать к виду удобному для вычислений

$$\hat{x}_w = \sum_{r=0}^R w_r A_r \bar{x} = A_w \bar{x}, \quad (53')$$

так как суммарную матрицу и её собственные векторы можно вычислить заранее.

Субполосная аппроксимация с сохранением отрезка трансформанты Фурье исходного вектора

Использование равенства $b=0$ равносильно отказу в контроле за трансформантой Фурье аппроксимирующего вектора вне субполосы (см. соотношение (47)). В этом случае

возникает возможность почти точного совпадения отрезков трансформант Фурье исходного и аппроксимирующего векторов в рассматриваемой субполосе.

В самом деле, для любого искомого вектора справедливо представление

$$\vec{y} = Q_r \vec{\beta}_r, \quad (54)$$

подстановка которого в функционал (46) при $b=0$ дает

$$G_r(\vec{x}, \vec{y}, 0) = P_r(\vec{x} - \vec{y}) = \sum_{k=1}^N \lambda_k^r (\vec{\alpha}_k^r - \beta_k^r)^2. \quad (54')$$

Очевидно, что при выполнении (43), когда количество значимо отличающихся от нуля собственных чисел конечно, а также выборе коэффициентов в формуле (54) из условий

$$\beta_k^r = \alpha_k^r, k = 1, \dots, J_r + m; \beta_k^r = 0, k > J_r + m; 0 \leq m \leq N - J_r \quad (55)$$

для отрезков трансформант Фурье с высокой точностью выполняется следующее тождество (оптимальность)

$$Y(v) \equiv X(v), v \in V_r. \quad (55')$$

Таким образом, условие (55) определяет множество векторов, для которых выполняется тождество (55'), причем выбор

$$m = 0$$

дает вектор с минимальной евклидовой нормой.

Именно использование базиса собственных векторов и свойство близости к нулю части собственных чисел субполосных матриц позволяет реализовать требование (55').

Субполосные решающие функции при некогерентном обнаружении неизвестных узкополосных сигналов на фоне широкополосного шума

Начальная гипотеза формулируются следующим образом:

H_0 : наблюдаемые ЭД определяются некоторым фоновым шумом

$$\vec{x} = \vec{u}, \quad (+)$$

а альтернатива предполагает, что наблюдаемые данные представляют собой аддитивную смесь шума и некоторого неизвестного сигнала

$$H_1: \vec{x} = \vec{u} + \vec{s}. \quad (++)$$

В качестве основания для признания несправедливости нулевой гипотезы предлагается использовать выполнение неравенства

$$\max P_r(\vec{x}) / \hat{P}_r(\vec{u}) > h_r, 1 \leq r \leq R. \quad (+++)$$

При этом предполагается, что пороги h_r и средние значения субполосных частей энергий фонового шума $\bar{P}_r(\vec{u})$ могут быть получены на этапе обучения при наличии необходимого количества отрезков (векторов) стационарного шума.

Очевидно, что при справедливости альтернативы (++) имеет место

$$P_r(\vec{x}) = P_r(\vec{s}) + 2\vec{s}'\hat{u}_r + P_r(\vec{u}), \quad (++++)$$

где

$$\hat{u}_r = A_r \vec{u}.$$

В соответствии с формулой (50') этот вектор и последнее слагаемое в правой части (++++) полностью определяется отрезком трансформанты Фурье мешающего шума из рассматриваемой субполосы, то есть именно этот отрезок трансформанты шума и влияет на значения решающей функции (+++).

Высокая вероятность обнаружения сигналов достигается тогда, когда энергия сигнала практически полностью содержится в одной из частотных субполос. В этом случае энергия сигнала используется в полной мере и при равномерном распределении энергии шума в частотной области достигается максимальное отношение сигнал/шум

$$P_k(\vec{x})/P_r(\vec{u}) \approx \|\vec{s}\|^2 / P_r(\vec{u}) + 1. \quad (56)$$

Рисунок 2 иллюстрирует применение такого подхода к обнаружению пауз в междусловными отрезками речевых сигналов.

Концепция информационных субполос наблюдаемой последовательности ЭД и её применение для анализа и аппроксимации функций

Правая часть следующего соотношения

$$D_r^2 = \|\vec{x}\|^2 (v_{r2} - v_{r1}) / \pi = \|\vec{x}\|^2 a_{ii}^r \quad (57)$$

определяет приходящуюся на субполосу часть энергии вектора \vec{y} , модуль трансформанты Фурье которого постоянен в частотной области, а полная энергия совпадает с полной энергией исследуемого вектора

$$\|\vec{y}\|^2 = \|\vec{x}\|^2. \quad (58)$$

Ясно, что исходный набор субполос можно разбить на два подмножества: R_+ , для которых выполняются неравенства

$$S_r = P_r(\vec{x}) / \|\vec{x}\|^2 - a_{ii}^r \geq 0, r \in R_+ \quad (59)$$

и R_- , для которых они не справедливы.

Субполосы, для которых выполняются неравенства (59) представляется естественным считать более важными и именовать информационными. Их совокупность (множество) определяет соответствующую информационную субполосную матрицу

$$A_+ = \sum_{r \in R_+} A_r. \quad (60)$$

Собственные векторы этой матрицы

$$A_+ Q_+ = Q_+ L_+ \quad (61)$$

могут служить базисом векторного пространства, причем условия вида (55) также определяют вектор, удовлетворяющий требованию (55') для объединённого частотного интервала

$$V_+ = \bigcup_{r \in R_+} V_r. \quad (62)$$

Для вычисления компонентов аппроксимации исходного вектора оптимальной в смысле минимизации критерия (46) при $b=0$, естественно использовать соотношение (аналогично (50))

$$\vec{y}_+ = A_+ \vec{x}. \quad (63)$$

С учетом (41), полноты базиса собственных векторов и соотношения между следами подобных матриц неравенства (59) можно привести к следующему виду

$$\bar{\lambda}_r - \lambda_{\text{mean}}^r \geq 0, \quad (64)$$

где

$$\bar{\lambda}_r = \sum_{k=1}^N \lambda_k^r w_k^r; \quad (65)$$

$$\lambda_{\text{mean}}^r = \sum_{k=1}^N \lambda_k^r / N; \quad (66)$$

$$w_i^r = \alpha_{ri}^2 / \sum_{k=1}^N \alpha_{ri}^2. \quad (67)$$

Таким образом, левая часть (64) определяет разность между результатом усреднения с весами (67) собственных чисел субполосной матрицы и их средним значением.

Непосредственно из способа определения информационного частотного интервала следует справедливость следующего утверждения.

Каждому вектору ЭД соответствует единственный информационный частотный интервал, удовлетворяющий требованию

$$\bar{\lambda}_+ - \sum_{k=1}^N \lambda_k^+ / N = \max. \quad (68)$$

Входящие сюда переменные определяются очевидным образом.

Примеры некоторых применений концепции информационных субполос

1. Оптимальные информационные аппроксимации. Графики на рисунке 1 иллюстрируют применение понятия информационной субполосной матрицы к построению трендов на основе представления

$$\vec{d}_+ = \sum_{k=1}^{J_+} \alpha_k^+ \vec{q}_k^+ \quad (68')$$

оптимальных в смысле условия (55') информационных аппроксимаций гипотетических функций (гладкие кривые), характеризующих реакцию деревьев на внешние воздействия, графики которых представляют собой изрезанные кривые.

Отметим, что для аппроксимации в виде гладкой кривой очень трудно подобрать аналитические зависимости.

2. Разложение по базису собственных векторов информационной субполосной матрицы вида (68') позволяет достаточно эффективно сжать данные с сохранением возможности точного воспроизведения отрезка трансформанты Фурье в информационном частотном интервале это свойство можно считать критерием качества восстановления исходных данных после сжатия.

Вычислительные эксперименты показывают, что на этой основе можно при сохранении разборчивости речи достичь сжатия речевых данных до скорости потока порядка 2 килобит в секунду.

3. В качестве важного применения концепции информационных субполос можно указать стеганографию, то есть скрытое внедрение в исходный вектор некоторого вектора, который может быть использован в разных целях, в том числе для контроля за правомерностью использованием, например, аудиоданных. В качестве примера такого внедрения укажем соотношение для модификации исходного вектора

$$\vec{x} = \vec{x} + (c - \alpha_k^+) \vec{q}_k^+, \quad (68)$$

где \vec{q}_k^+ – собственный вектор информационной субполосной матрицы, соответствующий равному нулю собственному числу, α_n^+ – проекция исходного вектора на него, а d – некоторое число, позволяющее определить факт внедрения информации при контрольной проверке.

Обработка двумерных эмпирических данных на основе субполосных представлений

Для определенности двумерные эмпирические данные будем именовать изображениями.

Формальное определение двумерной трансформанты Фурье для изображения

$$F = \{f_{ik}\}, i = 1, \dots, N; k = 1, \dots, M \quad (69)$$

имеет вид

$$\Phi(z, u) = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M f_{ik} \exp(-jz(i-1)) \exp(-ju(k-1)), -\pi \leq z, u < \pi. \quad (70)$$

В качестве основной характеристики предлагаемого варианта субполосного анализа и аппроксимации двумерных функций по двумерным эмпирическим данным предлагается использовать часть энергии, попадающей в двумерные подобласти области определения трансформанты Фурье (70), имеющие следующую конфигурацию.

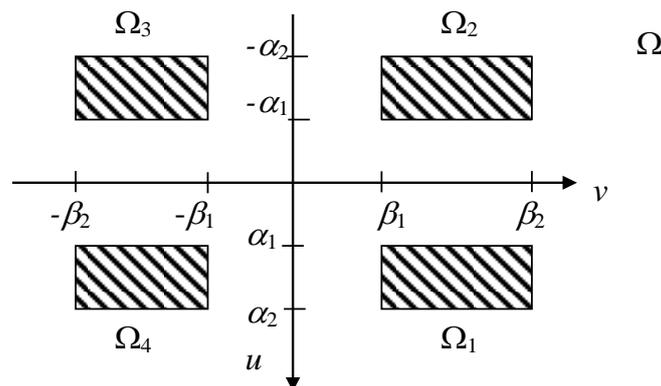


Рис. 6. Конфигурация двумерной субполосы
 Fig. 6. Configuration of a two-dimensional subband

Математическое определение этой характеристики имеет следующий вид

$$P_{\Omega}(F) = \int_{z \cup u \in \Omega} |\Phi(z, u)|^2 dz du / 4\pi^2 = \text{tr}(A_{\Omega} F B_{\Omega} F'), \quad (71)$$

где tr означает след матрицы, а элементы субполосных матриц A_{Ω} и B_{Ω} определяются соотношениями

$$a_{ik}^{\Omega} = (\sin(\alpha_2(i-k)) - \sin(\alpha_1(i-k))) / (\pi(i-k)), i, k = 1, \dots, N; \quad (72)$$

$$b_{ik}^{\Omega} = (\sin(\beta_2(i-k)) - \sin(\beta_1(i-k))) / (\pi(i-k)), i, k = 1, \dots, M. \quad (73)$$

Оптимальная аппроксимация в смысле минимума двумерного обобщения

$$G_{\Omega}(F, D) = P_{\Omega}(F - D) + \|D\|^2 - P_{\Omega}(D) \quad (\%)$$

критерия (46) определяется соотношением

$$D_{\Omega} = A_{\Omega} F B_{\Omega}. \quad (%%)$$

Для нее также выполняется аддитивное свойство вида (56).

Положим

$$\hat{F}_{\Omega} = \sum_{r=1}^{J_A} \sum_{t=1}^{J_B} \gamma_{rt}^{\Omega} \vec{q}_r^{\Omega} \vec{h}_t^{\Omega}, \quad (74)$$

где

$$\gamma_{rt}^{\Omega} = \vec{q}_r^{\Omega'} F \vec{h}_t^{\Omega}; \quad (75)$$

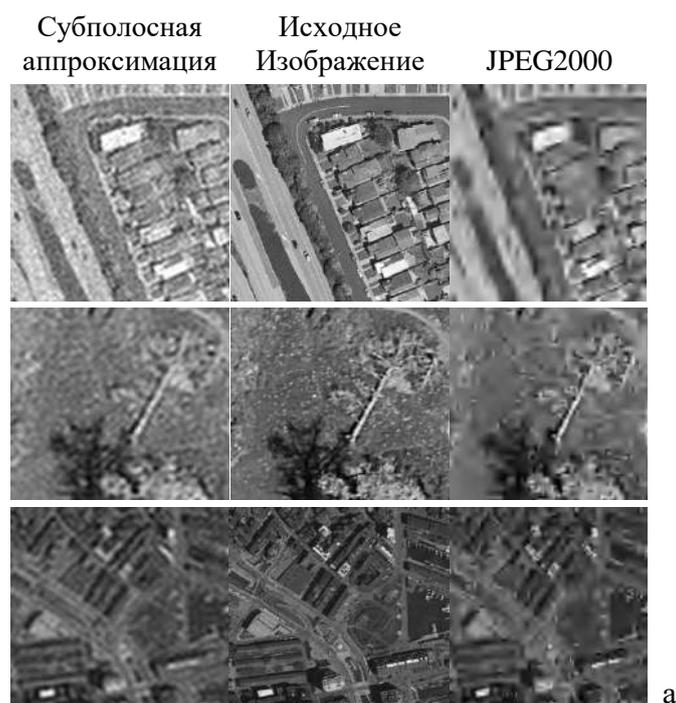
\vec{q}_r^{Ω} и \vec{h}_t^{Ω} – собственные векторы матриц с элементами (72) и (73) соответственно.

Можно показать, что эта двумерная субполосная аппроксимация исходного изображения является наилучшей в смысле выполнения тождества для двумерных отрезков трансформант Фурье в рассматриваемой двумерной подобласти, то есть

$$\hat{\Phi}(z, u) \equiv \Phi(z, u), (z \cap u) \in \Omega. \quad (76)$$

На основе использования аппроксимации (74), когда двумерная подобласть представляет собой квадрат вокруг начала координат, построена процедура уменьшения объемов битовых представлений изображений с сохранением информации о низкочастотных компонентах. На рисунках ниже приведены результаты вычислительных экспериментов по сжатию данных в сравнении с наиболее эффективным из применяемых ныне методов JPEG2000. В основе JPEG2000 используется идеология крупномасштабного анализа в частотной области (вейвлет-анализ) с помощью КИХ-фильтров. Программная реализация метода в рамках пакета МАТЛАБ доступна в сети Интернет. Её применение не позволило достичь сжатия более чем 1000 раз. При этом на восстановленных изображениях достаточно узнаваемые объекты сохраняются только для сжатия в 250 раз. При использовании предлагаемой субполосной аппроксимации узнаваемость объектов сохраняется до степеней сжатия в 500 раз и иногда более.

Время реализации предлагаемых алгоритмов субполосной аппроксимации в 7-9 раз меньше, чем для JPEG2000, что важно со многих точек зрения.



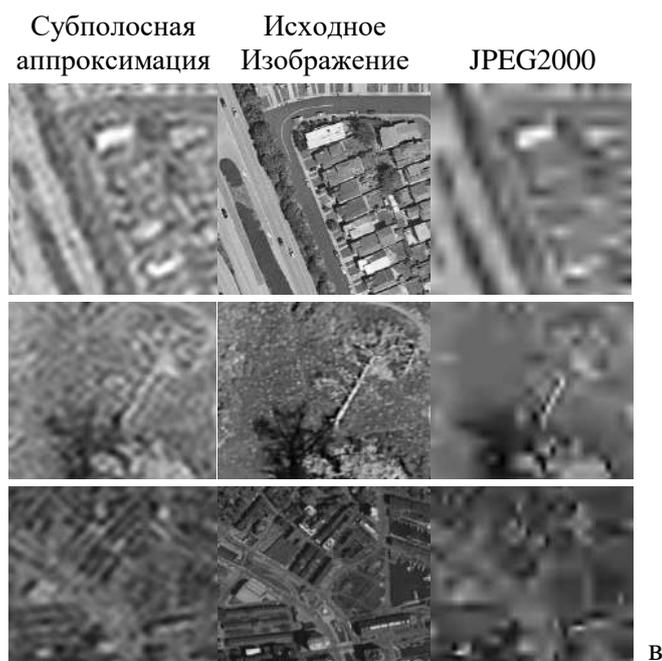
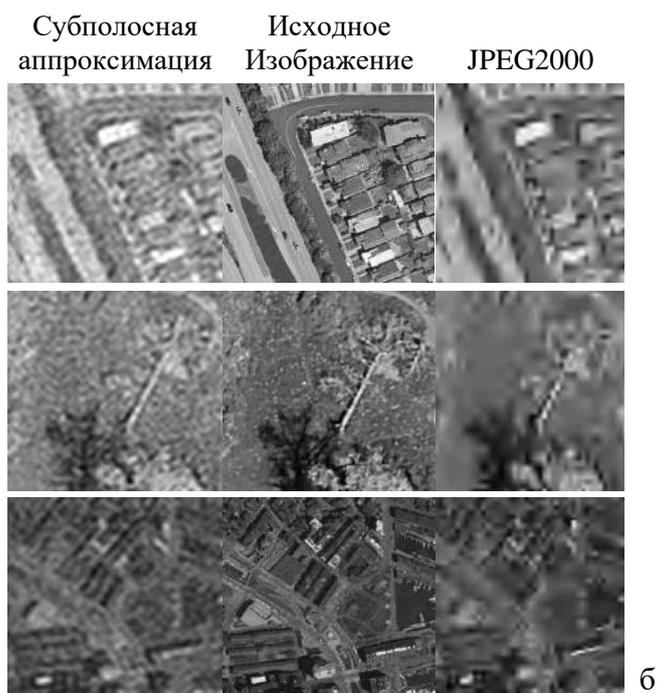


Рис. 7. Аппроксимация изображений по сжатым битовым представлениям:
а – степень сжатия 250, б – степень сжатия 500, в – степень сжатия 1000
Fig. 7. Approximation of images by compressed bit representations:
a – compression ratio 250, b – compression ratio 500, c – compression ratio 1000

Использование субполосных представлений для решения некоторых других прикладных задач анализа и аппроксимации функций по эмпирическим данным

1. Идентификация словных отрезков речевых сигналов по заданному прецеденту (отрезку той же записи)

Формулировка задачи: в записи речевого сигнала оператором на слух определяется словный сегмент, содержащий заданную словоформу. Необходимо в остальной части записи в автоматическом режиме найти идентичные словные сегменты, в том смысле, что они порождены при произнесении такой же словоформы одним и тем же лицом.

Одна из трудностей – обучение по одному прецеденту, что приводит к необходимости аугментации (размножения). Для этого и использовалось искажение информационной компоненты образца. Решающая процедура при идентификации строилась на основе субполосных представлений.

2. Поиск нечетких дубликатов в сканированных изображениях рукописного текста.

Задача формулируется аналогично поиску идентичных фрагментов в записях речевых сигналов, имеются те же трудности обучения по прецеденту и в построении решающей функции, для которой использовались двумерные субполосные представления.

3. Прецедентное распознавание объектов на изображениях земной поверхности.

4. Синтез сигнально- кодовых конструкций (СКК) при передаче ЭД по каналам связи с минимальным уровнем межканальной интерференции и возможностью восстановления искаженных фрагментов.

Форма СКК

$$\vec{s} = QI_{\Omega} \vec{x}, \quad (76)$$

где столбцы матрицы представляет собой собственные векторы субполосной матрицы, соответствующие единичным собственным числам. Таким образом, независимо от свойств ЭД для трансформанты Фурье СКК обеспечивается условие малости энергии вне субполосы (мера межканальной интерференции), то есть

$$1 - \vec{s}' A_{\Omega} \vec{s} / \|\vec{s}\|^2 \ll 1. \quad (77)$$

Восстановление искаженных фрагментов СКК.

Ясно, что в рассматриваемых условиях формирования СКК будет выполняться равенство

$$\vec{s} = A_{\Omega} \vec{s}, \quad (78)$$

то есть СКК также будет собственным вектором с единичным собственным числом субполосной матрицы. Это позволяет рассмотреть задачу восстановления одной части СКК по другой.

Для определенности положим

$$\vec{s} = (\vec{s}'_1, \vec{s}'_2)'. \quad (79)$$

Тогда из (78) для составляющих вектора СКК нетрудно получить уравнение

$$(I - A_{11})\vec{s}'_1 = A_{12}\vec{s}'_2, \quad (80)$$

где имеются в виду блоки субполосной матрицы соответствующей размерности, причем слева стоит квадратная матрица, в формировании которой участвует единичная.

Очевидно, что при существовании $(I - A_{11})^{-1}$ уравнение (80) можно разрешить относительно компоненты СКК \vec{s}'_1 , то есть восстановить её по второй части СКК. Таким образом, появляется возможность компенсации кратковременных искажений, например, при многолучевом распространении сигнала в условиях городской застройки.

Этот подход также целесообразно использовать в системах интернет-вещей с неконтролируемыми временами передачи данных.

5. Адаптивный синтез СКК в системах когнитивного радио.

На основе субполосной решающей функции

$$\max P_r(\vec{x}) / \hat{P}_r(\vec{u}) > h_r, 1, \leq r \leq R$$

Можно, с одной стороны, определить субполосы эфира, свободные от передаваемых сигналов, а, с другой, – сформировать на основе (76) соответствующую СКК. Таким образом,

решается проблема конкуренции за частотно-временные ресурсы каналов беспроводной передачи информации.

6. Формирование СКК для избирательного подавления посторонних СКК. Речь идет о возможности использования для сигналов подавления СКК

$$\bar{u} = Q_{2\Omega} \bar{x} \quad (81)$$

с матрицей собственных векторов, которые соответствуют нулевым (очень малым) собственным числам. В этом случае обеспечивается выполнение неравенства

$$\bar{u}^T A_{\Omega} \bar{u} / \|\bar{u}\|^2 \ll 1, \quad (82)$$

то есть исходная субполоса остается свободной для передачи соответствующих СКК.

Список литературы

- Gantmakher, F.R. 1959. Theory of matrices. Publisher New York: Chelsea Pub. Co. 298 p.
- González R.C., Woods R.E. 2008. Digital image processing, 3rd Edition. 976 p.
- Horn R.A., Johnson Ch.R. 2013. Matrix analysis. 2nd ed. 662 p.
- Lanczos C. 1959. Applied analysis. Prentice Hall, 539 p.
- Pratt W.K. 2013. Introduction to Digital Image Processing. CRC Press. 756 p.
- Solomon, C.J., Breckon, T.P. 2010. Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab. Wiley-Blackwell. 328 p.
- Авдеев О.В., Чобану М.К., 2006. Сжатие изображений с помощью частичной сортировки вейвлет-коэффициентов. Цифровая обработка сигналов, №2.
- Артюшенко В.М., Шелухин О.И., Афонин М.Ю., 2004. Цифровое сжатие видеoinформации и звука. М.: Дашков и К.
- Болгова Е.В., Черноморец А.А., Черноморец Д.А. 2019. О субполосном анализе изображений в области определения косинус-преобразования. Информационные системы и технологии. 6(116): 5-11.
- Дворкович В.П., Дворкович А.В., 2012. Цифровые видеoinформационные системы (теория и практика). М.: Техносфера.
- Жилияков Е.Г., 2015. Оптимальные субполосные методы анализа и синтеза сигналов конечной длительности. Автоматика и телемеханика, выпуск 4, С. 51–66.
- Жилияков Е.Г., Коськин А.В., Лубков И.И., Черноморец А.А. 2022. Субполосная аппроксимация изображений при сжатии объемов битовых представлений. Экономика. Информатика. 49(3): 607-615.
- Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., 2009. Вариационные алгоритмы анализа и обработки изображений на основе частотных представлений»: Белгород: Изд-во ГИК. – 146 с.
- Заливин А.Н., Черноморец А.А., Жилияков Е.Г., Белов С.П. 2020. Анализ изображений на основе субполосных представлений в области пространственных частот. Инфокоммуникационные технологии. 18(1): 7-12.
- Крящев В.В., Бекренев В.А., Соловьев В.Е., Никитин А.Е. 2011. Улучшение качества JPEG2000-изображений на основе модифицированного билатерального фильтра. Цифровая обработка сигналов, №3.
- Методы компьютерной обработки изображений. Под ред. В.А. Сойфера. Москва: Физматлит, 2001. 784 с.
- Радченко Ю.С. 2002. Алгоритм сжатия изображений на основе полиномиальных преобразований (алгоритм GDCT). Цифровая обработка сигналов, №1.
- Стрелков Ф.В., Умняшкин С.В. 2003. Контекстное кодирование коэффициентов дискретного косинусного преобразования (ДКП) в JPEG-подобной схеме компрессии. Цифровая обработка сигналов, №2.

References

- Gantmakher, F.R. 1959. Theory of matrices. Publisher New York: Chelsea Pub. Co. 298 p.
- González R.C., Woods R.E. 2008. Digital image processing, 3rd Edition. 976 p.
- Horn R.A., Johnson Ch.R. 2013. Matrix analysis. 2nd ed. 662 p.

- Lanczos C. 1959. Applied analysis. Prentice Hall, 539 p.
- Pratt W.K. 2013. Introduction to Digital Image Processing. CRC Press. 756 p.
- Solomon, C.J., Breckon, T.P. 2010. Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab. Wiley-Blackwell. 328 p.
- Avdeev O.V., Chobanu M.K., 2006. Image compression using partial sorting of wavelet coefficients. Digital signal processing, No. 2.
- Artyushenko V.M., Shelukhin O.I., Afonin M.Yu., 2004. Digital compression of video information and sound. M.:Dashkov and K.
- Bolgova E.V., Chernomorets A.A., Chernomorets D.A. 2019. Subband image analysis in the cosine transform definition domain. Information systems and technologies. 6(116): 5-11.
- Dvorkovich V.P., Dvorkovich A.V., 2012. Digital video information systems (theory and practice). Moscow: Technosphere.
- Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., 2009. Variational algorithms for image analysis and processing based on frequency representations: Belgorod: Publishing House of GaK. 146 p.
- Zhilyakov E.G., Koskin A.V., Lubkov I.I., Chernomorets A.A 2022. Images subband approximation in the task of bit representations volumes compression. Economics. Information technologies. 49(3): 607-615.
- Zhilyakov E.G., 2015. Optimal subband methods of analysis and synthesis of signals of finite duration. Automatic. and Telemekh., issue 4, pp. 51-66.
- Zalivin A.N., Chernomorets A.A., Zhilyakov E.G., Belov S.P. 2020. Sub-band representation image analysis in the field of spatial frequencies. Infocommunication technologies. 18(1): 7-12.
- Kryashchev V.V., Bekrenev V.A., Soloviev V.E., Nikitin A.E., 2011. Improving the quality of JPEG2000 images based on a modified bilateral filter. Digital signal processing, No. 3.
- Metody komp'yuternoy obrabotki izobrazheniy [Methods of computer image processing]. Edited by V.A. Soifer. Moscow: Fizmatlit, 2001. 784 p.
- Radchenko Y.S., 2002. Image compression algorithm based on polynomial transformations (GDCT algorithm). Digital signal processing, No. 1.
- Strelkov F.V., Umnyashkin S.V., 2003. Contextual encoding of discrete cosine transform (DCT) coefficients in a JPEG-like compression scheme. Digital Signal processing, No. 2.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Жиляков Евгений Георгиевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Evgeniy G. Zhilyakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Лубков Илья Игоревич, директор ООО «Технопроект», Белгород, Россия

Ilya I. Lubkov, Director Technoproekt LLC, Belgorod, Russia

Болгова Евгения Витальевна, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Evgeniya V. Bolgova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

УДК 004.716

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-854-862

Сигнально-кодовые конструкции для передачи информации с минимальной межканальной интерференцией

Урсол Д.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: ursoldenis@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены математические основы формирования оптимального комплексного ортогонального базиса для конечного набора частотных диапазонов и методы кодирования и декодирования сигнально-кодовой конструкции. Приводятся результаты сравнительных вычислительных экспериментов по оценке доли внеполосного излучения для различных частотных интервалов передачи. Результаты вычислений показывают превосходство комплексного ортогонального базиса над ортогональным частотным уплотнением в доле внеполосного излучения. При этом существует возможность кодирования и декодирования сигнально-кодовой конструкции с высоким уровнем устойчивости к воздействию флуктуационных помех при передаче.

Ключевые слова: беспроводные системы передачи данных, каналный сигнал, частотные диапазоны, межканальная интерференция, ортогональный субполосный базис, преобразование Фурье, внеполосного просачивания энергии

Для цитирования: Урсол Д.В. 2022. Сигнально-кодовые конструкции для передачи информации с минимальной межканальной интерференцией. Экономика. Информатика, 49(4): 854–862. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-854-862

Signal-Code Structures for Information Transmission with Minimal Adjacent Channel Interference

Denis V. Ursol

Belgorod National Research University
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: ursoldenis@mail.ru

Abstract. The paper considers the mathematical foundations for the formation of an optimal complex orthogonal basis for a finite set of frequency ranges and methods for encoding and decoding a signal-code structure. The number of excluded frequency ranges can be unlimited and of various widths. The number of orthogonal vectors used is determined by the total width of the used channel. The results of comparative computational experiments on estimating the fraction of out-of-band radiation for different transmission frequency intervals are presented. The calculation results show the superiority of the complex orthogonal subband basis over orthogonal frequency multiplexing in the fraction of out-of-band energy leakage, while using eigenvectors with the maximum eigenvalue. The scalar product of eigenvectors shows the minimum level of mutual influence. Then there is the possibility of encoding and decoding signal-code structures with a high level of resistance to the effects of fluctuation noise during transmission.

Keywords: wireless data transmission systems, channel signal, frequency bands, adjacent channel interference, orthogonal subband basis, Fourier transform, out-of-band energy leakage

For citation: Ursol D.V. 2022. Signal-Code Structures for Information Transmission with Minimal Adjacent Channel Interference. Economics. Information technologies, 49(4): 854–862 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-854-862

Введение

В системах беспроводной связи используются точки доступа, работающие на разных частотных каналах, которые будут неизбежно пересекаться своими зонами покрытия, образуя при этом соты, тем самым вызывая взаимные искажения друг на друга. Данное явление получило название межканальной интерференции (Adjacent Channel Interference – ACI) и оно имеет место, когда в частотном спектре пересекаются полосы сигналов, передаваемые на различных каналах. [Викулов, Парамонов, 2018]. Если рассматривать частотный спектр открытого диапазона (433 МГц или 866 МГц), где каждое передающее устройство может передавать сигнал на любой частоте без согласования с другими участниками эфира, вносятся искажения в передаваемые сигнально-кодовые конструкции. Уменьшение вероятности верного декодирования информации приводит к прерывистой или нестабильной работе беспроводного подключения.

Основным недостатком ортогонального частотного уплотнения (OFDM) является медленное затухание боковых спектральных составляющих сигнально-кодовой конструкции. Это приводит к межканальной интерференции в соседнем канале и появлению дополнительных искажений в момент формирования защитного интервала. Защитный интервал формируется путем копирования последней части символа в начало сигнально-кодовой конструкции.

Одним из эффективных решений, приведенных проблем, является использование на стороне передатчика оконных функций для обработки защитных интервалов различной длительности, позволяющих одновременно эффективно компенсировать эти эффекты и при этом не добавлять вычислительной сложности в систему в целом [Мешкова, 2018]. Однако, при появлении в канале узкополосной помехи данное решение будет малоэффективным и информация в передающей поднесущей будет сильно искажена. Задача такого рода решается с помощью оценки частотного диапазона мешающего сигнала и исключение этого диапазона из передающего сигнала. Для OFDM базиса это достигается за счет исключения поднесущих из заданных диапазонов. В силу особенности OFDM кодирования взаимное искажения соседних каналов будет по-прежнему высоким. Таким образом, разработка сигнально-кодовой конструкции с минимальным внеполосным излучением для минимизации взаимного искажения между каналами является актуальной задачей.

Согласно вариационному принципу минимизации внеполосного излучения и в соответствии современному уровню и техники необходимо сформировать сигнально-кодовую конструкцию (СКК) в конечном наборе M диапазонов частотных полос $\Delta\vec{f} = (\Delta f_1, \dots, \Delta f_m), m = 1 \dots M, \Delta f_m = f_{2m} - f_{1m}, f_{2m} > f_{1m}$ и ортогональных несущих колебаний, что удобно представить в комплексном пространстве. Тогда необходимо передать за интервал времени T информационный вектор $\vec{e} = (\dot{e}_1, \dots, \dot{e}_T) = (a_1 + b_1 i, \dots, a_T + b_T i) \in \mathbb{C}, i = \sqrt{-1}$, представляющий собой набор комплексных символов QAM манипуляции в параметрах сигнально-кодовой конструкции $\dot{x}(\vec{e}, t) \in \mathbb{C}, t \in [0, T]$ и в заданном наборе круговых частот:

$$\Delta\vec{v} = (v_1, \dots, v_m) = (2\pi\Delta f_1, \dots, 2\pi\Delta f_m), \Delta f_m = f_{2m} - f_{1m}, f_{2m} > f_{1m}, m = 1 \dots M. \quad (1)$$

При отсутствии искажений канального сигнала должен существовать оператор, позволяющий декодировать передаваемые информационные символы.

Энергия сигнала фиксирована:

$$\|\dot{x}(\bar{e})\|^2 = \int_0^T x(\bar{e}, t) x^*(\bar{e}, t) dt = E, \quad (2)$$

где $*$ – знак комплексного сопряжения.

Тогда, в виду равенства Парсеваля, всю энергию сигнала можно представить в виде двух составляющих:

$$\|x(\bar{e})\|^2 = \frac{1}{2\pi} \left(\sum_{m=1}^M \int_{\omega \in \Delta v_m} |X(\bar{e}, \omega)|^2 d\omega + \sum_{m=1}^M \int_{\omega \notin \Delta v_m} |X(\bar{e}, \omega)|^2 d\omega \right), \quad (3)$$

где

$$X(\bar{e}, \omega) = \int_0^T x(\bar{e}, t) e^{-j\omega t} dt. \quad (4)$$

Мерой межканальной интерференции может служить правая часть соотношения (3), которая определяет энергию канального сигнала за пределами выделенных частотных полос. Тогда для используемых частотных диапазонов вариационный принцип имеет вид:

$$S^2(\bar{e}) = \int_0^T x(\bar{e}, t) \cdot x^*(\bar{e}, t) dt - \sum_{m=1}^M \int_{\omega \in \Delta v_m} |X(\bar{e}, \omega)|^2 d\omega / 2\pi = \min, \quad (5)$$

которому вместе с условием (2) должна удовлетворять сигнально-кодовая конструкция. Подстановка в соотношение определения (4) дает решение поставленной задачи:

$$P = \sum_{m=1}^M \int_{\omega \in \Delta v_m} |X(\bar{e}, \omega)|^2 d\omega / 2\pi = \int_0^T \int_0^T f(t) f(\tau) C_0(t-\tau) dt d\tau, \quad (6)$$

где C_0 – эрмитова матрица представляющее собой комплексное субполосное ядро вида:

$$C_0(t-\tau) = \sum_{m=1}^M \int_{\omega \in \Delta v_m} e^{-j\omega(t-\tau)} d\omega / 2\pi = \begin{cases} \sum_{m=1}^M \frac{e^{j\nu_{1m}(t-\tau)} - e^{j\nu_{2m}(t-\tau)}}{-2j\pi(t-\tau)}, & t \neq \tau \\ \sum_{m=1}^M \frac{|\nu_{2m} - \nu_{1m}|}{2\pi}, & t = \tau \end{cases}, \quad (7)$$

где $\nu_{1m} = 2\pi f_{1m}, \nu_{2m} = 2\pi f_{2m}$ – нижняя и верхняя границы выделяемого используемого частотного диапазона, рад;

$f_{1m}, f_{2m}, f_{1m} < f_{2m}$ – нижняя и верхняя границы выделяемого используемого частотного диапазона, Гц;

M – общее количество используемых частотных диапазонов;

m – номер выделенного используемого частотного диапазона;

j – мнимая единица.

Сингулярное разложение комплексного субполосного ядра по собственным функциям и набором собственных чисел можно представить в виде:

$$C_0(t-\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} q_n(t) \lambda_n q_n(\tau), \quad (8)$$

В силу ортогональности собственных функций можно записать:

$$\lambda_n q_n(t) = \int_0^T C_0(t-\tau) q_n(\tau) d\tau, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (9)$$

Комплексные собственные функции ортогональны, тогда скалярное произведение отличных функций будет равно нулю:

$$\langle q_n, q_m \rangle = \begin{cases} \int_0^T q_n(y) q_m^*(y) dy = 0, n \neq m \\ \int_0^T q_n(y) q_n^*(y) dy = \|q_n\|^2 = 1, n = m \end{cases} \quad (10)$$

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n > 0. \quad (11)$$

Сформированный комплексный ортогональный базис на основе отобранных собственных функций комплексного субполосного ядра позволяет кодировать и декодировать передаваемую информацию.

Критерием выбора собственных функций служит значение соответствующего собственного числа, которое определяет долю энергии сигнально-кодовой конструкции в заданном наборе испытываемых частотных полос. Генерируемый сигнально-кодовый сигнал можно представить в виде:

$$x(\vec{e}, t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(\vec{e}) \cdot q_n(t). \quad (12)$$

Вариационный принцип формулы (5) формулируется относительно свойства формулы (10) и функций $f_n(\vec{e})$ передаваемых символов

$$S^2 = \sum_{n=1}^{\infty} (1 - \lambda_n) \cdot (f_n(\vec{e}) f_n^*(\vec{e})) = \min. \quad (13)$$

Когда используются собственные функции с соответствующим максимальным собственным числом (равный единице), то достигается минимальное значение функционала. В цифровых системах количество комплексных собственных функций конечно, тогда можно передать J символов за длительность одной сигнально-кодовой конструкции.

Кодирование информационных символов с минимальной межканальной интерференцией с возможностью восстановления можно представить в виде:

$$x(\vec{e}, t) = \sum_{n=1}^J e_n q_n(t), \quad (14)$$

где декодирования передаваемых символов обеспечивается за счет свойства ортогональности базисных функций

$$e_n = \int_0^T x(\vec{e}, t) \cdot q_n^*(t), \quad (15)$$

где * – знак комплексного сопряжения.

В цифровых системах связи наличие аналого-цифрового преобразования с определенной частотой дискретизации накладывает ограничение на представление формулы (7) и количество ортогональных базисных функций с максимальным собственным числом.

Синтез элементов комплексного субполосного ядра $C = \{c_{ik}\}, i, k = 1, \dots, N$ путем расчета элементов эрмитовой матрицы для суммы заданных диапазонов частот представляется в виде:

$$c_{ik} = \begin{cases} \sum_{m=1}^M b_m / -2j\pi(i-k), & i \neq k \\ \sum_{m=1}^M u_m / 2\pi, & i = k \end{cases} \quad (16)$$

где $b_m = e^{j\nu_{1m}(i-k)} - e^{j\nu_{2m}(i-k)}$;

$u_m = |v_{2m} - v_{1m}|$ – ширина полосы выделенного используемого частотного диапазона m ;

$v_{1m} = 2\pi \frac{f_{1m}}{F}, v_{2m} = 2\pi \frac{f_{2m}}{F}$ – нижняя и верхняя границы выделяемого используемого

частотного диапазона;

$f_{1m}, f_{2m} \in (-F/2, F/2), f_{1m} < f_{2m}$ – допустимая область для нижней и верхней границ, используемых частотных диапазонов, Гц;

M – общее количество используемых частотных диапазонов;

m – номер выделенного используемого частотного диапазона;

j – мнимая единица;

c_{ik} – элементы комплексной субполосной матрицы для заданного набора используемых диапазонов частот;

i, k – натуральные числа от 1 до N ;

$N = F \cdot T_b$ – размер матрицы и количество отсчетов;

F – частота дискретизации в Гц;

T_b – длительность символа в секундах.

Элементы комплексной субполосной матрицы для заданных диапазонов частот могут быть сформированы альтернативным способом, путем формирования сигнала для общего заданного частотного диапазона и исключения неиспользуемых диапазонов (в которых присутствуют помехи в виде узкополосных сигналов), тогда $C = \{c_{ik}\}, i, k = 1, \dots, N$ рассчитывают согласно выражению вида:

$$c_{ik} = \begin{cases} \left(G - \sum_{h=0}^B g_h \right) / -2j\pi(i-k), & i \neq k \\ \left(\Delta V - \sum_{h=0}^B p_h \right) / 2\pi, & i = k \end{cases} \quad (17) \text{ где}$$

$G = e^{jV_1(i-k)} - e^{jV_2(i-k)}$;

$V_1 = -\pi \frac{W}{F}, V_2 = \pi \frac{W}{F}$ – верхняя и нижняя граница для сигнала, занимаемого диапазона

частот;

$\Delta V = |V_2 - V_1|$ – ширина выделенной используемой полосы частот;

W – ширина выделенной полосы частот в Гц;

F – частота дискретизации в Гц;

$g_h = e^{j\nu_{1h}(i-k)} - e^{j\nu_{2h}(i-k)}$ – исключаемый диапазон $h, g_0 = 0$;

$p_h = |v_{2h} - v_{1h}|$ – ширина полосы исключаемого частотного интервала $h, p_0 = 0$;

$\nu_{1h} = 2\pi \frac{f_{1h}}{F}, \nu_{2h} = 2\pi \frac{f_{2h}}{F}$ – нижняя и верхняя границы исключаемого частотного диапазона h ;

$f_{1h}, f_{2h} \in [-W/2, W/2], f_{1h} < f_{2h}$ – область для нижней и верхней границ исключаемых частотных диапазонов, Гц;

B – общее количество исключаемых частотных диапазонов, если $B=0$ исключенные частотные диапазоны отсутствуют, тогда сигнал занимает весь выделенный частотный диапазон;

h – номер исключаемого частотного диапазона;

j – мнимая единица;

c_{ik} – элементы субполосной матрицы для заданного набора диапазонов частот;

i, k – натуральные числа от 1 до N ;

$N = F \cdot T_b$ – размер матрицы и количество отсчетов;

T_b – длительность символа в секундах.

Ортогональный комплексный базис Q представляет собой набор собственных векторов $\vec{q} = (\vec{q}_1, \vec{q}_2, \dots, \vec{q}_N)^T$ субполосной эрмитовой матрицы вида формулы (16), собственные числа которых равны или близки единице.

Кодирование и декодирование информационных символов выполняется согласно соответствующим выражениям:

$$x(\vec{e}) = \vec{e} \cdot Q^H, \quad (18)$$

$$\vec{e} = x(\vec{e}) \cdot Q. \quad (19)$$

При этом $Q^H \cdot Q = |I|$, где I – единичная матрица, H – знак эрмитово сопряжение.

Если рассматривать ортогональный базис на основе ортогонального частотного уплотнения (OFDM), то для исключения частотного интервала можно использовать только порядковый номер несущей и соответственно к сетке частот, что накладывает ограничение на точность отключаемого диапазона. Иными словами, начало и конец интервала отключаемых субполос передачи фиксировано. При формировании СКК на основе комплексного субполосного возможно задавать диапазоны используемых частот любой точности. На рисунке 1 представлены результаты моделирования сигнально-кодовой конструкции на основе комплексного субполосного базиса и OFDM сигнала, с одинаковым набором исключенных диапазонов частот.

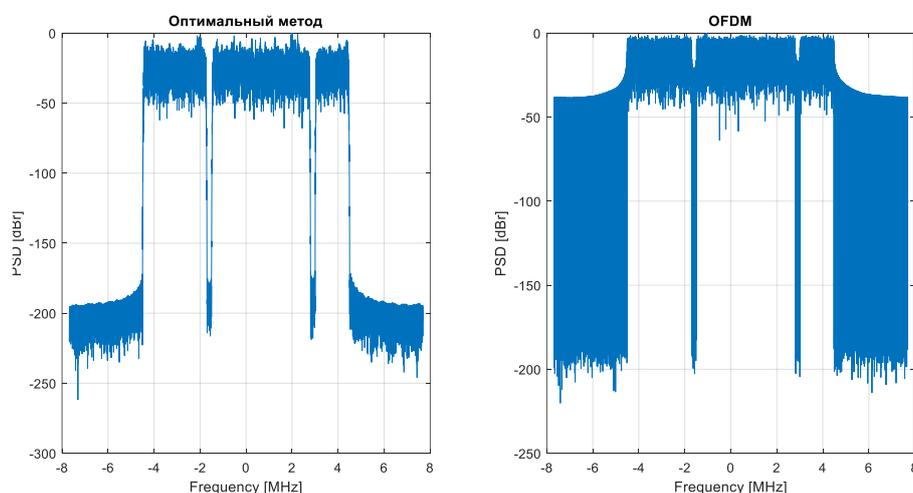


Рис. 1. Относительный энергетический спектр (dBr) оптимального канального сигнала и OFDM сигнала с исключенными диапазонами частот

Fig. 1. Power spectral density estimate (dBr) of optimal channel signal and OFDM signal with excluded frequency bands

Из рисунка видно, что уровень внеполосного излучения у комплексного ортогонального базиса ниже, спектры нормированы относительно максимальных значений (dBr). На рисунке 2 представлен результат попарных скалярных произведений ортогонального комплексного базиса, матрица Грама ортогонального базиса.

	1	2	3	4	5	6
1	1.0000 + 0.0000i	-1.0408e-16 - 1.3878e-17i	6.2450e-17 + 6.9389e-18i	-7.6328e-17 - 1.7347e-18i	2.0817e-17 + 2.8623e-17i	-1.0408e-17...
2	-1.0408e-16 + 1.3878e-17i	1.0000 + 0.0000i	3.4694e-17 - 3.8164e-17i	7.6328e-17 - 1.3878e-17i	1.1276e-17 + 3.4694e-17i	1.6480e-17 ...
3	6.2450e-17 - 6.9389e-18i	3.4694e-17 + 3.8164e-17i	1.0000 + 0.0000i	8.3267e-17 + 5.2042e-18i	3.2526e-17 + 1.7347e-17i	-1.0408e-17...
4	-7.6328e-17 + 1.7347e-18i	7.6328e-17 + 1.3878e-17i	8.3267e-17 - 5.2042e-18i	1.0000 + 0.0000i	-1.1276e-17 - 5.5511e-17i	-3.3393e-17...
5	2.0817e-17 - 2.8623e-17i	1.1276e-17 - 3.4694e-17i	3.2526e-17 - 1.7347e-17i	-1.1276e-17 + 5.5511e-17i	1.0000 + 0.0000i	2.6888e-17 ...
6	-1.0408e-17 - 6.5052e-18i	1.6480e-17 + 1.0083e-17i	-1.0408e-17 + 4.7705e-18i	-3.3393e-17 + 5.8113e-17i	2.6888e-17 - 6.0390e-17i	1.0000 + 0.0...
7	-1.1970e-16 - 4.6838e-17i	-4.8572e-17 + 0.0000e+00i	-6.0715e-17 + 1.2143e-17i	3.8164e-17 + 5.5511e-17i	3.6429e-17 + 1.4095e-17i	1.6914e-17 ...

Рис. 2. Часть матрицы Грама комплексного ортогонального базиса

Fig. 2. Part of the Gram matrix of a complex orthogonal basis

Заклучение

Как видно из результатов вычислительных экспериментов, сформированные сигнално-кодовые конструкции обладают минимальным уровнем внеполосного излучения в заданных диапазонах выделенных частот. Матрица Грама комплексного ортогонального базиса показывает возможность декодирования передаваемой информации с минимальным уровнем взаимных помех. Количество исключаемых интервалов может быть неограниченно. Уменьшение ширины используемой частотной полосы приводит к уменьшению количества собственных векторов, собственные числа которых близки или равны единице, что снижает скорость передачи информации системы.

Список литературы

- Afisiadis O., Cotting M, 2019. On the Error Rate of the LoRa Modulation with Interference. IEEE Transactions on Wireless Communications PP(99):1-1
- Aiju T., Eldhose N., 2020. Chirp spread spectrum for narrow band long range bio sensor networks. International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 9, Issue 01
- Bouras C., Kokkinos V., Papachristos N., 2018. Performance evaluation of LoraWan physical layer integration on IoT devices. Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS)
- Ferré G., Giremus A., 2018. LoRa Physical Layer Principle and Performance Analysis. ICECS 25th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems
- Ferreira A., Ortiz F., Henrique L., Costa M. K., Foubert B., Amadou I., 2020. A study of the LoRa signal propagation in forest, urban, and suburban environments. Annals of Telecommunications – annales des télécommunications
- Gonzalez N., Bossche A., Val T., 2018. Specificities of the LoRa physical layer for the development of new ad hoc MAC layers. 17th International Conference on Ad Hoc Networks and Wireless, St Malo, France. pp.163-174
- Jair A, Silva A, 2020. Theoretical and Experimental Evaluation on the Performance of LoRa Technology. DOI 10.1109/JSEN.2020.2987776
- Joerg R., Tallal E., 2018. Closed Form Approximation of LoRa Modulation BER Performance DOI 10.1109/LCOMM.2018.2849718, IEEE Communications Letters
- Rajni B., Pooja S., Javed A., 2012. Analysis of Chirp Spread Spectrum System for Multiple Access. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 1 Issue 3

- Savaux V., Ferré G., 2021. Simple Asymptotic BER Expressions for LoRa System over Rice and Rayleigh Channels. *Wireless Telecommunications Symposium, San Francisco (virtual), United States*. hal-03200448
- Staniec K., Kowal M., 2018. LoRa Performance under Variable Interference and Heavy-Multipath Conditions. *Wireless Communications and Mobile Computing Volume 2018*
- Tallal E., Joerg R., 2018. Analysis of BER and Coverage Performance of LoRa Modulation under Same Spreading Factor Interference. *IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*
- Wang X., Fei M., Li X., 2008. Performance of Chirp Spread Spectrum in Wireless Communication Systems. *Conference: Communication Systems ICCS 2008. 11th IEEE Singapore International*
- Викулов А. С., 2019 Модель межканальной интерференции в сетях IEEE 802.11 в задаче оценки пропускной способности. *Радиотехнические и телекоммуникационные системы*, no. 1 (33), 2019, pp. 36-45.
- Викулов А. С., Парамонов А. И., 2018 Анализ основных видов помех в задаче планирования сетей wi-fi с высокой плотностью пользователей, *Информационные технологии и телекоммуникации*. 2018. Т. 6. № 1
- Гришин И. В., 2009 "Алгоритм компенсации межсимвольной и межканальной интерференции в системах передачи с ДМТ" *Информатика, телекоммуникации и управление*, no. 6 (91), 2009, pp. 100-105.
- Жиляков Е.Г., Урсол Д.В., Магергут В.З., 2012. Разработка нового способа формирования сигналов для систем доступа к широкополосным мультимедийным услугам. *Научные ведомости белгородского государственного университета. серия: экономика. информатика. Издательство: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород.*
- Калашников К. С., 2011 Алгоритм оценки интерференционных искажений при приеме OFDM-сигналов в условиях многолучевых каналов с замираниями. *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение»*, no. 4, 2011, pp. 92-100.
- Мешкова А Г, 2018 Методы компенсации межканальных и внутриканальных интерференционных помех в системах связи с ортогональным частотным мультиплексированием. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Уфа 2018.*
- Урсол Д.В., 2012. Метод обеспечения помехоустойчивости информационных коммуникаций при субполосной передаче информации: дис. канд. техн. наук: 05.13.17 – Теоретические основы информатики. Белгород.

References

- Afisiadis O., Cotting M, 2019. On the Error Rate of the LoRa Modulation with Interference. *IEEE Transactions on Wireless Communications PP(99):1-1*
- Aiju T., Eldhose N., 2020. Chirp spread spectrum for narrow band long range bio sensor networks. *International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 9, Issue 01*
- Bouras C., Kokkinos V., Papachristos N., 2018. Performance evaluation of LoraWan physical layer integration on IoT devices. *Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS)*
- Ferré G., Giremus A., 2018. LoRa Physical Layer Principle and Performance Analysis. *ICECS 25th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems*
- Ferreira A., Ortiz F., Henrique L., Costa M. K., Foubert B., Amadou I., 2020. A study of the LoRa signal propagation in forest, urban, and suburban environments. *Annals of Telecommunications – annales des télécommunications*
- Gonzalez N., Bossche A., Val T., 2018. Specificities of the LoRa physical layer for the development of new ad hoc MAC layers. *17th International Conference on Ad Hoc Networks and Wireless, St Malo, France*. pp.163-174
- Jair A, Silva A, 2020. Theoretical and Experimental Evaluation on the Performance of LoRa Technology. DOI 10.1109/JSEN.2020.2987776
- Joerg R., Tallal E., 2018. Closed Form Approximation of LoRa Modulation BER Performance DOI 10.1109/LCOMM.2018.2849718, *IEEE Communications Letters*

- Rajni B., Pooja S., Javed A., 2012. Analysis of Chirp Spread Spectrum System for Multiple Access. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 1 Issue 3
- Savaux V., Ferré G., 2021. Simple Asymptotic BER Expressions for LoRa System over Rice and Rayleigh Channels. Wireless Telecommunications Symposium, San Francisco (virtual), United States. hal-03200448
- Staniec K., Kowal M., 2018. LoRa Performance under Variable Interference and Heavy-Multipath Conditions. Wireless Communications and Mobile Computing Volume 2018
- Tallal E., Joerg R., 2018. Analysis of BER and Coverage Performance of LoRa Modulation under Same Spreading Factor Interference. IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)
- Wang X., Fei M., Li X., 2008. Performance of Chirp Spread Spectrum in Wireless Communication Systems. Conference: Communication Systems ICCS 2008. 11th IEEE Singapore International
- Vikulov A. S., 2019 Interchannel interference model in IEEE 802.11 networks in the problem of throughput estimation. Radio engineering and telecommunication systems, no. 1 (33), 2019, pp. 36-45.
- Vikulov A. S., Paramonov A. I., 2018 Analysis of the main types of interference in the problem of planning wi-fi networks with a high density of users, Information technology and telecommunications. 2018. V. 6. No. 1
- Grishin I. V., 2009 "Algorithm for compensation of inter-symbol and inter-channel interference in transmission systems with DMT" Informatics, telecommunications and control, no. 6 (91), 2009, pp. 100-105.
- Zhilyakov E.G., Ursol D.V., Magergut V.Z., 2012. Development of a new method for generating signals for access systems to broadband multimedia services. Scientific reports of Belgorod State University. Series: Economics. computer science. Publisher: Belgorod State National Research University, Belgorod.
- Kalashnikov K. S., 2011 Algorithm for estimating interference distortions when receiving OFDM signals in conditions of multipath channels with fading. Bulletin of the Moscow State Technical University. N. E. Bauman. Series "Instrument making", no. 4, 2011, pp. 92-100.
- Meshkova A G, 2018 Methods for compensating inter-channel and intra-channel interference in communication systems with orthogonal frequency multiplexing. Thesis for the degree of candidate of technical sciences, Ufa 2018.
- Ursol D.V., 2012. Metod obespechenija pomehoustojchivosti informacionnyh kommunikacij pri subpolosnoj peredache informacii [The method of ensuring noise immunity of information communications in the subband transmission of information]: dis. cand. tech. Sciences: 05.13.17 – Theoretical foundations of computer science. Belgorod.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Урсол Денис Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Denis V. Ursol, Candidate of Technical Sciences, Assistant of Professor of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

УДК 004.932.2

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-863-870

Формирование данных о пространстве многокамерными видеосистемами

¹ Константинов И.С., ² Гайворонский В.А.

¹ Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,
Наугорское ш., д. 40, г. Орел, 302020, Россия

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

Аннотация. В настоящее время наблюдается рост в развитии и производстве технологий виртуальной и дополненной реальности. При этом использование данных продуктов зачастую ограничивается воспроизведением видеороликов и фотоматериалов при условии, что данные технологии имеют огромный потенциал. Современные многокамерные системы имеют возможность вести панорамную фото- и видеосъемку, но при этом не существует программных средств, которые на основе полученных данных строят трехмерную модель окружающего пространства. Для ряда технических задач существенное значение имеет вопрос создания такого пространства в режиме реального времени для обеспечения оперативного принятия решений. В данной статье предложен подход к построению модели объемного панорамного изображения, с использованием оценки расстояния до объектов на основе пассивных методов создания карт глубины для многокамерных масштабируемых систем в реальном времени.

Ключевые слова: техническое зрение, компьютерное зрение, панорамное изображение, карты глубины, стереозрение, многокамерные системы

Для цитирования: Константинов И.С., Гайворонский В.А. 2022. Формирование данных о пространстве многокамерными видеосистемами. Экономика. Информатика, 49(4): 863–870. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-863-870

Formation of Area Data by Multi-Camera Video Systems

¹ Igor S. Konstantinov, ² Vitaliy A. Gaivoronskiy

¹ Orel State University named after I.S. Turgenev,
40 Naugorskoe highway, Orel, 302020, Russia

² Belgorod State National Research University,
85 Pobedy Str., Belgorod, 308015, Russia

Abstract. Currently, there is an increase in the development and production of virtual and augmented reality technologies, while the use of these products is often limited to the playback of videos and photographic materials, provided that these technologies have huge potential. Modern multi-camera systems have the ability to conduct panoramic photo and video shooting, but at the same time, there are no software tools that, based on the data obtained, build a three-dimensional model of the surrounding space. At the same time, for a number of technical tasks, the issue of creating such a space in real time to ensure prompt decision-making is essential. This article proposes an approach to constructing a model of a three-dimensional panoramic image, using the estimation of the distance to objects based on passive methods of creating depth maps, for multi-chamber scalable systems in real time.

Keywords: technical vision, computer vision, panoramic image, depth maps, stereo vision, multi-camera systems

For citation: Konstantinov I.S., Gaivoronsky V.A. 2022. Formation of Area Data by Multi-Camera Video Systems. Economics. Computer Science, 49(4): 863–870. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-4-863-870

Введение

Построение объемной модели на основе фото- или видеоданных является классической задачей технического зрения. В основе построения цифровой модели пространства или построения объемной модели предмета лежат данные о расположении каждой точки объекта в пространстве – карты глубины. Карта глубины представляет из себя копию исходного изображения, где вместо данных о цвете пикселя располагаются данные о расстоянии от оптического центра устройства до этого пикселя в пространстве [Гонсалес, 2006; Шапиро, 2006; Красильников, 2011]. Существует большое количество методов получения данных для построения карт глубины, которые можно разбить на два основных класса: активные и пассивные. К активным относятся методы, применяемые в системах, где помимо приемника изображения присутствуют излучатели, а именно:

- метод лазерной проекции – при помощи лазерного дальномера определяется расположение объектов в пространстве;
- ультразвуковой метод – за счет отражения ультразвуковых волн определяется расстояние до объекта;
- метод проецирования на объекты определенного паттерна с известными характеристиками – определение расстояния за счет расчета искривлений проекции относительно проецируемого паттерна;
- метод инфракрасной проекции – определение расстояния до объектов и их формы за счет проецирования инфракрасной сетки на объекты.

Основным недостатком активных методов построения данных о пространстве является наличие у них передающего устройства. Лежащие в основе таких методов устройства излучения света различного спектра не допускают их использование в ряде задач, например: скрытые системы специального назначения, лабораторные установки (где различный источник излучения может повлиять на результат) и так далее.

Пассивные методы получения данных о пространстве в своей основе задействуют только приемные устройства – оптические модули, которые не вносят дополнительного воздействия на окружающую среду. В данной статье для пассивного метода предлагается использовать многокамерную систему, где все оптические модули разбиты на стереопары. Стереопары – все возможные пары оптических модулей в многокамерной системе, где в каждой паре перекрывающаяся область зрения имеет не менее 50 процентов от общего обзора этой пары, что дает возможность построения объемной модели пространства в реальном времени за счет сканирования пространства «единым снимком» и распараллеливания расчетов для каждой пары оптических модулей.

В настоящее время возникает потребность создания технических комплексов, позволяющих производить построение объемного панорамного изображения для решения задачи обеспечения эффекта присутствия, близко приближенного к реальности, с возможностью визуальной оценки объема и расстояния, обеспечивающее реалистичное построение модели окружающего мира с минимальными временными задержками. В основе пассивного метода построения данных о пространстве лежит определение расстояния за счет физических параметров оптической системы, не зависящих от типа объектов.

Построение объемной модели пространства

Одним из ключевых моментов при построении объемного панорамного изображения является получение карты глубины, основанное на входных кадрах с каждой стереопары многокамерной системы.

Предлагаемый подход включает в себя два этапа работы:

- Этап калибровки каждой стереопары многокамерной системы;
- Этап формирования объемного изображения.

Этап калибровки был описан в статье «Подход к созданию объемного панорамного изображения на основе пассивных методов определения карт глубины» [Гайворонский, 2022]. Калибровка для конкретных конфигураций стереопар происходит один раз до момента формирования объемных панорамных изображений на этом устройстве. В результате калибровки получаем коэффициенты для конкретного устройства, которые используются в дальнейшем при формировании изображения на протяжении всего срока жизни устройства.



Рис. 1. Пассивный метод построения объемного изображения
Fig. 1. Passive method of constructing a three-dimensional image

Полученные коэффициенты представляют собой информацию о взаимном расположении камер в пространстве (относительно самой многокамерной системы) и коэффициентах дисторсии для каждого оптического модуля [Гайворонский, 2022].

Этап формирования объемного изображения (рис. 1) включает в себя следующую последовательность действий:

1. Получение кадров с массива камер;
2. Выравнивание каждого снимка на основании калибровочных коэффициентов;
3. Расчет локальных карт глубины для каждой стереопары;
4. Сглаживание шумов на локальных картах глубины;
5. Расчет облака точек для каждой стереопары (на основе локальных данных карт глубины);
6. Формирование общего облака точек на основании локальных облаков точек на виртуальной сцене окружающего пространства;
7. Отображение итоговой трехмерной модели окружающего пространства.

После выполнения пункта 1 (получение кадров с массива камер) данные обрабатываются в пунктах 2–6 в соответствии с коэффициентами калибровки в параллельном режиме для каждой стереопары. После формирования общего облака точек информация передается внешнему потребителю (пункт 7). Поскольку процессы обработки информации для каждой стереопары являются идентичными, тогда рассмотрим реализацию действий 2–6 на примере одной стереопары.

На рисунке 2 представлены исходные данные, полученные правым и левым оптическими модулями рассматриваемой стереопары.



Рис. 2. Исходные данные с левого и правого оптических модулей в стереопаре
Fig. 2. Source data from the left and right optical modules in a stereo pair

Исправление искажений на исходных кадрах происходит на каждом из представленных снимков исходной стереопары независимо друг от друга.

На каждом исходном снимке производится поиск особенностей, в данном случае применяется метод на основе дескриптора SURF (рис. 3). Дескриптор SURF относится к числу тех дескрипторов, которые одновременно выполняют поиск особых точек и строят их описание инвариантное к изменению масштаба и вращению [Джгаркава, Лавров, 2011]. После этого происходит их сопоставление и ректификация (выравнивание) снимков относительно друг друга.

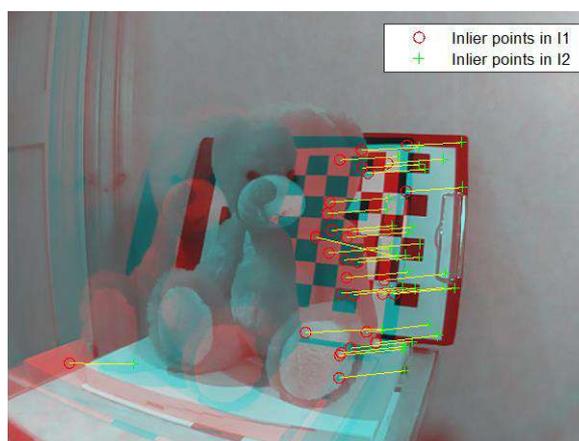


Рис. 3. Нахождение особенностей на паре снимков
Fig. 3. Finding features on a pair of images

Для формирования карты глубины каждой стереопары предлагается применять как корреляционный, так и полуглобальный метод сопоставления, в зависимости от требований к условиям использования многокамерной системы. Алгоритм полуглобального сопоставления построения карт глубины – один из ведущих стереоалгоритмов. Этот алгоритм использует эффективную стратегию для приблизительной минимизации целевой функции (энергии), которая состоит из весовых коэффициентов пикселей (попиксельной стоимости) и близости однозначных пикселей и их окрестностей на рассматриваемых снимках (попарной гладкости) [Хиршмюллер, 2005]. Корреляционный метод является локальным методом. К его особенностям можно отнести скорость работы, высокую способность к распараллеливанию, но при этом существует недостаток, выражающийся в качестве получаемой карты глубины [Брадски, 2008, Кручинин, 2011]. Данный недостаток состоит в размере окна кор-

реляции на снимках: при недостаточном размере окна повышается влияние шума на конечный результат и увеличивается время расчета, при большом окне – растет ошибка в определении цвета/расстояния при сокращении времени расчетов. Качественного результата можно добиться лишь опытным путем, используя различные размеры окна при различных цветосветовых характеристиках окружающей среды.

В результате исследований полуглобальный метод показал более высокое качество построения модели при использовании в реальном времени. Корреляционный метод приемлемо использовать в изолированных условиях, например, в лабораторных установках, где существуют фиксированные источники света, с ограниченными и известными параметрами окружающей среды (сканирование объектов в специальной камере), при этом обеспечивается рост скорости вычислений при сохранении качества.

Эффект выравнивания (рис. 4) наиболее важен при расчете карт глубины корреляционным методом, поскольку позволяет перейти от плавающего окна к построчной корреляции снимков, за счет чего и происходит уменьшение скорости вычислений.



Рис. 4. Сопоставленные выравненные снимки
Fig. 4. Consistent aligned snapshots

На этапе фильтрации к карте глубины применяется низкочастотный фильтр, позволяющий убрать шумы и сгладить контуры, более качественно разделить границы. На рисунке 5 представлен результат работы построения карты глубины на основе полу-глобального метода с применением низкочастотного фильтра.

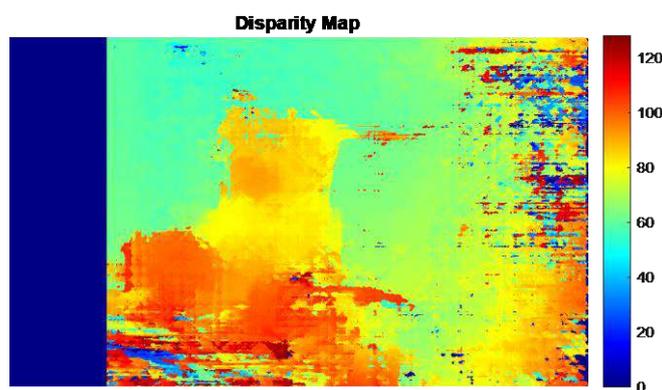


Рис. 5. Карта глубины с использованием полуглобального метода, цветом обозначаются расстояния до каждой точки в пространстве
Fig. 5. Depth map using the semi-global method, the color indicates the distance to each point in space

Для сравнения на рисунке 6 представлен результат работы корреляционного метода с ручным подбором размера окна. Результат является приемлемым, но из-за однородности

заднего плана произошло неверное вычисление расстояний до него (синий означает максимальное удаление).

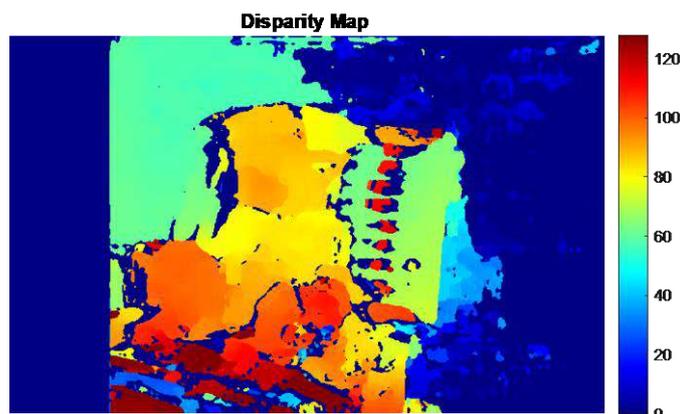


Рис. 6. Карта глубины с применением корреляционного метода и низкочастотного фильтра, цветом обозначаются расстояния до каждой точки в пространстве
Fig. 6. Depth map using the correlation method and a low-frequency filter, the color indicates the distance to each point in space

На основе построенной карты глубины происходит соотнесение каждого пикселя в пространстве с сохранением его исходной яркостной и цветовой характеристики. Визуализация итоговой структуры выглядит следующим образом (рис. 7):



Рис. 7. Виртуальная сцена, отображающая объемную модель исходных данных пространства, под разными углами виртуальной камеры сцены
Fig. 7. A virtual scene displaying a three-dimensional model of the source data of the space, at different angles of the virtual camera of the scene

На основе рассчитанных карт глубины (см. рис. 5) и выровненных снимков (см. рис. 4) происходит построение объемного изображения в пространстве виртуальной сцены, где данные с карт глубины обеспечивают расположение пикселя в трехмерном пространстве, а выровненные снимки передают параметры яркости и цвета пикселя. Различные положения камеры на сцене доказывают эффективность применения рассмотренного в статье метода.

Заключение

В статье представлен подход к построению облака точек с массива стереопар многокамерной системы. По результатам исследования был предложен подход к формированию

объемного видеопотока, обеспечивающего эффект виртуального присутствия для систем технического зрения различного назначения.

Проведенные исследования позволили создать универсальное программное обеспечение и структуры данных, обеспечивающие реализацию процесса виртуального присутствия в режиме реального времени. Программная реализация данного подхода была внедрена в уже существующие многокамерные системы технического зрения и учитывалась при создании новых систем [Константинов, Гайворонский, 2018].

Список литературы

- Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. 1983. Распознавание и цифровая обработка изображений. М.: Высшая школа.
- Гайворонский В.А. 2022. Подход к созданию объемного панорамного изображения на основе пассивных методов определения карт глубины. Информационные системы и технологии. с. 24-29.
- Гонсалес Р., Вудс Р. 2006. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера.
- Джгаркава Г.М, Лавров Д.Н. 2011. Использование метода SURF для обнаружения устойчивых признаков изображения при создании сферических панорамных снимков. Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Математические структуры и моделирование, вып. 22.
- Журавель, И.М. 1999. Краткий курс теории обработки изображений. М.
- Кравченко В., Басараб М., Волосюк В., Горячкин О., Зеленский А., Ксендзук А., Кутуза Б., Лукин А., Тоцкий А., Яковлев В. 2007. Цифровая обработка сигналов и изображений. М.: ФИЗМАТЛИТ.
- Красильников, Н.Н. 2011. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: Учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург.
- Кручинин А. 2011. Распознавание образов с использованием OpenCV.
- Лукьяница А.А. Шишкин А.Г. 2009. Цифровая обработка видеоизображений. М.: Ай-Эс-Эс Пресс.
- Рудаков П.И., Сафонов И.В. 2000. Обработка сигналов и изображений. М.: Диалог-МИФИ.
- Савельева И.П. 2011. Панорамное фото. М.
- Сергиенко А.Б. 2002. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для студентов вузов. СПб.: Питер.
- Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. 2008. Компьютерная обработка и распознавание изображений. Учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО.
- Фурман А.Я. 2007. Визуализация изображений в трехмерных сценах. Учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ.
- Шапиро Л., Стокман Дж. 2006. Компьютерное зрение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний.
- Яншин В. В. 1995. Анализ и обработка изображений: принципы и алгоритмы. М.: Машиностроение.
- Gary Bradski. 2008. Learning OpenCV. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.
- Hirschmuller H. 2005. Accurate and efficient stereo processing by semi-global matching and mutual information. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, California, USA. V. 2. P. 807–814.
- Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Rubcov K.A., Maslakov Y.N. 2016. Algorithms in Portable Digital Device UHD TV Panoramic Image Formation. Application of information and communication – AICT2016: Conference proceedings. Baku, Azerbaijan. P. 449-451.
- Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Rubcov K.A., Maslakov Y.N., Gaivoronskiy V.A. 2018. Method For Improving Image Recognition In Portable Panoramic Video Capture Devices. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, Volume 10, Issue 10 Special Issue. P. 1871-1878.

References

- Anisimov B.V., Kurganov V.D., Zlobin V.K. 1983. Recognition and digital image processing. Moscow: Higher School.
- Gaivoronskiy V.A. 2022. An approach to creating a three-dimensional panoramic image based on passive methods for determining depth maps. Information systems and technologies. pp. 24-29.
- Gonzalez R., Woods R. 2006. Digital image processing. Moscow: Technosphere.

- Jgarkava G.M., Lavrov D.N. 2011. Using the SURF method to detect stable image features when creating spherical panoramic images. Omsk State University named after F.M. Dostoevsky, Mathematical Structures and Modeling, vol. 22.
- Zhuravel, I.M. 1999. A short course in the theory of image processing. M.
- Kravchenko V., Basarab M., Volosyuk V., Goryachkin O., Zelensky A., Ksenzuk A., Kutuza B., Lukin A., Totsky A., Yakovlev V. 2007. Digital signal and image processing. M.: FIZMATLIT.
- Krasilnikov, N.N. 2011. Digital processing of 2D and 3D images: A textbook. St. Petersburg: BHV-Petersburg.
- Kruchinin A. 2011. Image recognition using OpenCV.
- Lukyanitsa A.A. Shishkin A.G. 2009. Digital processing of video images. Moscow: AI-ES-Es Press.
- Rudakov P.I., Safonov I.V. 2000. Signal and image processing. Moscow: Dialog-MEPhI.
- Savelieva I.P. 2011. Panoramic photo. M.
- Sergienko A.B. 2002. Digital signal processing: A textbook for university students. St. Petersburg: Peter.
- Fisenko V.T., Fisenko T.Y. 2008. Computer processing and image recognition. Study guide. St. Petersburg: St. Petersburg State University ITMO.
- Furman A.Ya. 2007. Visualization of images in three-dimensional scenes. Study guide. Yoshkar-Ola: MarGTU.
- Shapiro L., Stockman J. 2006. Computer vision. M.: BINOM. Laboratory of knowledge.
- Yanshin V. V. 1995. Image analysis and processing: principles and algorithms. M.: Mechanical Engineering.
- Gary Bradski. 2008. Learning OpenCV. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.
- Hirschmuller H. 2005. Accurate and efficient stereo processing by semi-global matching and mutual information. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, California, USA. V. 2. P. 807–814.
- Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Rubcov K.A., Maslakov Y.N. 2016. Algorithms in Portable Digital Device UHDTV Panoramic Image Formation. Application of information and communication – AICT2016: Conference proceedings. Baku, Azerbaijan. P. 449-451.
- Konstantinov I.S., Lazarev S.A., Rubcov K.A., Maslakov Y.N., Gaivoronskiy V.A. 2018. Method For Improving Image Recognition In Portable Panoramic Video Capture Devices. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, Volume 10, Issue 10 Special Issue. P. 1871-1878.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Константинов Игорь Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и цифровых технологий Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева, г. Орел, Россия

Гайворонский Виталий Александрович, старший преподаватель кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Igor S. Konstantinov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

Vitaliy A. Gaivoronskiy, Senior Lecturer, Department of Mathematical and Software Support of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia