

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

SCIENTIFIC JOURNAL

# ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES

2024. Том 51, № 4



# ЭКОНОМИКА. ИНФОРМАТИКА

## 2024. Том 51, № 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 (1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации; 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами; 2.3.4. Управление в организационных системах; 2.3.8. Информатика и информационные процессы; 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика; 5.2.4. Финансы; 5.2.6. Менеджмент). Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

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

**Издатель:** НИУ «БелГУ». Адрес издателя: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

#### Главный редактор

*Е.Г. Жилков*, 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. Стрябова*, 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. Коськин*, 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. Черногорец*, 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. Мишенина. Корректура, компьютерная верстка и оригинал-макет Ю.В. Мишенина. Редактор англоязычных текстов Е.С. Данилова. Гарнитура Times New Roman, Arial Narrow, Arial. Уч.-изд. л. 22,5. Дата выхода 30.12.2024. Оригинал-макет подготовлен центром полиграфического производства НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

## СОДЕРЖАНИЕ

### РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

- 753 **Лавриненко Е.А., Лыщикова Ю.В.**  
Методика оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня
- 766 **Муравьев С.Р., Федорова Е.П.**  
Факторы формирования и результативности региональной стратегии цифровой трансформации
- 783 **Склярова Е.А.**  
Финансовое самообеспечение как фактор роста экономической устойчивости региональной хозяйственной системы
- 793 **Эльдиева Т.М., Минин Д.Л.**  
Государственная региональная поддержка сельского хозяйства: практика реализации

### ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

- 805 **Авилова В.В., Владыка М.В.**  
Анализ тенденций глобального энергоперехода и его влияния на развитие промышленности
- 814 **Морозова Е.А., Ларин С.С.**  
Виды и формы социального предпринимательства
- 824 **Пьянкова С.Г., Митрофанова И.В., Ергунова О.Т., Сомов А.Г.**  
Перспективы развития рынка труда: трансформация базовых компетенций в цифровую эру
- 839 **Селюков М.В., Шалыгина Н.П.**  
Внешнеторговая зависимость современной экономики России: тенденции и перспективы развития

### ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ

- 854 **Антонова М.В.**  
Классификация профессиональных участников финансового рынка РФ: институциональный аспект

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 864 **Ганичева А.В., Ганичев А.В.**  
Моделирование оптимального распределения составляющих лекции и практического занятия
- 873 **Черных Е.М., Михелев В.М., Петров Д.В., Утянский А.А.**  
Решение задачи сегментации и классификации лейкоцитов на изображениях с использованием трансферного обучения и ансамбля сверточных нейронных сетей
- 887 **Басов О.О., Соболев Ю.И., Тетерников И.А.**  
Использование комбинированных моделей искусственного интеллекта для контроля техники безопасности в строительстве
- 896 **Ал-Хафаджи Исра М. Абдаламир, Панов А.В.**  
Сравнение классических и обновленных сверточных нейронных сетей для классификации типов поверхностей

### СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

- 907 **Салтанаева Е.А., Куценко С.М., Лазарев А.С.**  
Применение технологии оптического распознавания образов для поиска и анализа информации о лекарственных средствах
- 919 **Васильев Т.И.**  
Разработка и внедрение систем для борьбы с мошенничеством в финансовых транзакциях
- 926 **Туркин С.М., Иванов С.А.**  
Модель системы выбора методов получения и хранения данных из разнородных источников для прогнозирования возникновения лесных пожаров
- 936 **Зимовец О.А., Малкуш Е.В., Маторин С.И., Корсунов Н.И.**  
Сравнение нотаций DFD, IDEF0, IDEF3, EPC и BPMN с нотацией УФО-анализа
- 946 **Тедтоев А.Ч., Макарук Р.В., Чистякова Т.Б.**  
Архитектура системы анализа и управления качеством продукции тонких каландрированных материалов на базе нечетких моделей

# ECONOMICS. INFORMATION TECHNOLOGIES

## 2024. Volume 51, 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 (1.2.2. Mathematical Modeling Numerical Methods and Program Complexes; 2.3.1. The System Analysis, Management and Information Processing; 2.3.3. Automation and Control of Operating Processes and Manufacturing; 2.3.4. Control in Operational Systems; 2.3.8. Informatics and Information Processes; 5.2.3. Regional and sectoral economy; 5.2.4. Finance; 5.2.6. Management). 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". Address of 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. Stryabkova*, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied Economics and Economic Security, Institute of Economics and Management (BSU, Belgorod, Russia)

#### Editorial assistants:

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

*E.V. Bolgova*, Candidate of technical sciences, 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 Kazpotreboysuz, 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 times per year

Commissioning Editor Y.V. Mishenina. Proofreading, computer imposition, page layout by Y.V. Mishenina. English text editor E.S. Danilova. Typeface Times New Roman, Arial Narrow, Arial. Publisher's signature 22,5. Date of publishing 30.12.2024. Dummy layout has been prepared by Belgorod National Research University Centre of Polygraphic Production. Address: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

## CONTENTS

### REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

- 753 **Lavrinenko E.A., Lyshchikova J.V.**  
The Methodology for Assessing the Interregional Interaction in Russia within the Framework of Complementary Technological Competencies of World-Class Research and Education Centres
- 766 **Muravyev S.R., Fedorova E.P.**  
A Region's Digital Transformation Strategy: Formation and Effectiveness Factors
- 783 **Sklyarova E.A.**  
Financial Self-Sufficiency as a Factor in the Growth of Economic Sustainability of the Regional Economic System
- 793 **Eldieva T.M., Minin D.L.**  
State Regional Support of Agriculture: Implementation Practice

### SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

- 805 **Avilova V.V., Vladyka M.V.**  
Analysis into the Trends of Global Energy Transition and Its Impact on Industrial Development
- 814 **Morozova E.A., Larin S.S.**  
Types and Forms of Social Entrepreneurship
- 824 **Pyankova S.G., Mitrofanova I.V., Ergunova O.T., Somov A.G.**  
Prospects for the Development of the Labor Market: Transformation of Basic Competencies in the Digital Era
- 839 **Selyukov M.V., Shalygina N.P.**  
Foreign Trade Dependence of the Modern Russian Economy: Trends and Development Prospects

### FINANCES OF THE STATE AND ENTERPRISES

- 854 **Antonova M.V.**  
Classification of Professional Participants in the Financial Market of the Russian Federation: Institutional Aspect

### COMPUTER SIMULATION HISTORY

- 864 **Ganicheva A.V., Ganichev A.V.**  
Modeling the Optimal Distribution of Lecture and Practical Lesson Components
- 873 **Chernykh E.M., Mikhelev V.M., Petrov D.V., Utyanskiy A.A.**  
Solving the Problem of Leukocyte Segmentation and Classification in Images Using Transfer Learning and an Ensemble of Convolutional Neural Networks
- 887 **Basov O.O., Sobolev Yu.I., Teternikov I.A.**  
Using Combined Artificial Intelligence Models to Monitor Construction Safety
- 896 **Al-Khafaji Israa M. Abdalameer, Panov A.V.**  
Comparison of Classical and Reinvented Convolutional Neural Networks for Surface Type Classification

### SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

- 907 **Saltanaeva E.A., Kutsenko S.M., Lazarev A.S.**  
Application of Optical Pattern Recognition Technology for Searching and Analyzing Drug Information
- 919 **Vasilev T.I.**  
Development and Implementation of Systems to Combat Fraud in Financial Transactions
- 926 **Turkn S.M., Ivanov S.A.**  
Model of the System for Selecting Methods for Obtaining and Storing Data from Heterogeneous Sources for Predicting the Occurrence of Forest Fires
- 936 **Zimovets O.A., Malkush E.V., Matorin S.I., Korsunov N.I.**  
Comparison of DFD, IDEF0, IDEF3, EPC and BPMN Notations with UFO-analysis Notation
- 946 **Tedtoev A.Ch., Makaruk R.V., Chistyakova T.B.**  
Architecture of a System for Analysis and Quality Control of Thin Calendered Products Based on Fuzzy Models

# РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY

УДК 332.155

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-753-765

## Методика оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня

<sup>1</sup>Лавриненко Е.А., <sup>2</sup>Лыщикова Ю.В.

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет  
Россия, 191123, Санкт-Петербург, ул. Чайковского, д. 62

<sup>2</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
Россия, 308000, г. Белгород, ул. Победы, д. 85  
E-mail: e.a.lavrinenko@spbu.ru, lyshchikova@bsuedu.ru

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена тем, что интенсификация межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня способствует формированию устойчивого социально-экономического развития регионов. В рамках исследования применялись такие методы, как имитационное моделирование, экономико-статистические методы, эвристические методы, методы экспертных оценок. В работе авторами представлена модель межрегионального взаимодействия в рамках НОЦ мирового уровня, в которой отражены партнерские коллаборации НОЦ мирового уровня с образовательными организациями и с организациями реального сектора экономики субъектов РФ. Разработана методика оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня, включающая в себя пять взаимосвязанных этапов: анализ вовлеченности субъектов и отраслей в научно-технологическую повестку НОЦ мирового уровня; оценку формирования комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня; оценку мобильности кадров; оценку деятельности НОЦ мирового уровня; разработку рекомендаций по активизации межрегионального взаимодействия в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня.

**Ключевые слова:** региональная экономика, пространственное развитие, межрегиональное взаимодействие, комплементарные технологические компетенции, научно-образовательные центр (НОЦ) мирового уровня

**Финансирование:** исследование выполнено в рамках государственного задания НИУ «БелГУ» FZWG-2023-0014, тема проекта «Пространственно-сетевое взаимодействие российских регионов в контексте новых вызовов технологического развития».

**Для цитирования:** Лавриненко Е.А., Лыщикова Ю.В. 2024. Методика оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня. Экономика. Информатика, 51(4): 753–765. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-753-765

# The Methodology for Assessing the Interregional Interaction in Russia within the Framework of Complementary Technological Competencies of World-Class Research and Education Centres

<sup>1</sup>Elena A. Lavrinenko, <sup>2</sup>Julia V. Lyshchikova

<sup>1</sup>St. Petersburg State University

62 Tchaikovsky St, St. Petersburg 191123, Russia

<sup>2</sup>Belgorod State National Research University

85 Pobedy St, Belgorod 308000, Russia

E-mail: e.a.lavrinenko@spbu.ru, lyshchikova@bsuedu.ru

**Abstract.** The relevance of the study is due to the fact that an intensified interaction between the subjects of the Russian Federation within the framework of complementary technological competencies of world-class RECs contributes to the regions' sustainable socio-economic development. Methods of simulation modeling, economic and statistical methods, heuristic methods, and expert assessment were used in the study. The authors present a model of interregional interaction within the framework of world-class RECs, which reflects their partnership collaborations with educational institutions and organizations of the real economy sector of Russia's regions. A methodology has been developed for assessing the interregional interaction between the subjects of the Russian Federation within the framework of complementary technological competencies of world-class RECs, including five interrelated stages: analyzing the involvement of subjects and industries in the scientific and technological agenda of world-class RECs; assessing the formation of complementary technological competencies of world-class RECs; assessing the staff mobility; assessing the world-class REC activities; developing recommendations for enhancing interregional cooperation within the framework of complementary technological competencies of world-class RECs.

**Keywords:** regional economy, spatial development, interregional cooperation, complementary technological competencies, world-class Research and Education Center (REC)

**Funding:** the study was prepared as part of the state task of NRU "BelSU" FZWG-2023-0014, the project topic is "Spatial-network interaction of Russian regions in the context of new challenges of technological development".

**For citation:** Lavrinenko E.A., Lyshchikova J.V. 2024. The Methodology for Assessing the Interregional Interaction in Russia within the Framework of Complementary Technological Competencies of World-Class Research and Education Centres. *Economics. Information technologies*, 51(4): 753–765 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-753-765

---

## Введение

В соответствии с указом президента России Владимира Путина от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» сейчас в России создано более 15 научно-образовательных центров (НОЦ) мирового уровня и межрегиональных научно-образовательных центров. В число участников НОЦ мирового уровня входят 145 вузов, 140 научных организаций, 319 организаций реального сектора экономики, и их количество постоянно растет [Кузнецова, Иванов, 2023]. В рамках деятельности НОЦ только за 2022 год подготовлено более 18 тысяч научных статей; получено 1963 патента на изобретения; более 550 технологий разработаны и переданы для внедрения в производство в организациях, действующих в реальном секторе экономики; создано 4578 новых высокотехнологических рабочих мест, 6,5 тыс. человек завершили обучение в центрах развития компетенций руководителей научных, научно-технических проектов и лабораторий в интересах развития регионов. Более 17 млрд привлечено к реализации программ деятельности НОЦ [Подведены итоги деятельности научно-образовательных центров за 2022 год].

Как известно, в мировой и российской практике научно-образовательные центры (НОЦ) мирового уровня выступают площадками для проектно-ориентированных сообществ, формирующимся на основе интеграции компетенций и возможностей системы образования, научных организаций, промышленности и бизнеса для принципиального ответа на внутренние и внешние экономические вызовы на примере конкретных решений и технологических разработок [Сорокин, Яковлева, Фильченкова, Ширяева, Краснопевцева, 2023].

Стратегическая цель создания НОЦ заключается в формировании условий для ускоренной разработки и коммерческого освоения технологий мирового уровня, успешного решения кадровых и исследовательских задач с целью обеспечения перехода страны и регионов к высокопродуктивному и экологически безопасному агрохозяйству и увеличению доли высокотехнологичной продукции [Полухин, Маматов, Спичак, Кирий, 2020]. Необходимым условием для достижения этой цели является обеспеченность кадровым потенциалом высокого уровня, обладающим набором комплементарных технологических компетенций. Данный вид компетенций, через свойство взаимного дополнения, позволяет расширять возможности использования трудового потенциала, минимизируя адаптационные издержки встраивания в процесс реализации высокотехнологичных инвестиционных проектов [Лавриненко, Бондарева, 2021], а также усиливают возможности проявления синергетического эффекта от межрегионального взаимодействия.

**Технологическая компетенция** в целом подразумевает овладение умениями применять различные способы и средства преобразования материалов, энергии, информации, рассчитывать экономическую эффективность и предполагать возможные экологические последствия технологической деятельности [Сорокин, Яковлева, Фильченкова, Ширяева, Краснопевцева, 2023]. В связи с этим к числу приоритетных задач НОЦ относится совершенствование системы подготовки профессиональных кадров и дополнительного профессионального образования, ориентированной на быструю адаптацию к большим вызовам, требованиям научно-технологического развития России, потребностям страны и региона [Полухин, Маматов, Спичак, Кирий, 2020]. Такой подход позволяет развивать наукоемкие и практико-ориентированные коллаборации, формировать образовательные консорциумы, формировать и расширять перечень комплементарных технологических компетенций.

Межрегиональное взаимодействие субъектов РФ в рамках технологических компетенций НОЦ мирового уровня имеет огромное значение для развития страны, является важнейшим аспектом региональной политики, основанной на принципах взаимной выгоды и достижения максимального социально-экономического эффекта для каждого вовлеченного региона [Никитюк, 2023]. В свою очередь ослабление региональных связей может привести к снижению производственного потенциала, потере конкурентоспособности и замедлению экономического роста. В нынешних экономических условиях усиление межрегиональной интеграции, территориального разделения труда и междисциплинарных связей имеет важное значение для роста благосостояния, территориальной целостности и экономической безопасности. Учитывая ограниченность ресурсов для регионального развития, межрегиональное взаимодействие в рамках комплементарных технологических компетенций приобретает еще большее значение [Бакуменко, 2018].

### **Объекты и методы исследования**

На данный момент существуют различные подходы к оценке межрегионального взаимодействия НОЦ мирового уровня, например:

- связанность оценивается как интенсивность взаимодействий, для чего используются три группы показателей: общие (обмен в абсолютных величинах), специальные (структура обмена) и частные (результативность обмена) [Симарова, Алексеичева, Жигин, 2022].

- для оценки межрегиональной связанности применяется корреляционный анализ (изменения коэффициентов корреляции ВРП субъектов РФ за период) совместно с количественным измерением характеристик выбранных субъектов РФ (количество границ с другими регионами) и анализом наличия соглашений о сотрудничестве между регионами [Бакуменко, 2018].

- методика, в основу которой положены четыре основных показателя: среднее геометрическое показателя регионального развития, бета-коэффициент волатильности регионального развития, локальный индекс П. Морана и коэффициент структурных сдвигов в отраслевом пространстве регионов. На основе рассчитанных значений показателей субъекты делятся на четыре группы (паттерна экономической динамики), и интерпретируются результаты расчётов [Резепин, 2016].

Однако все вышеперечисленные подходы не учитывают формирование в рамках НОЦ комплементарных технологических компетенций. Развитие оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня позволит оценить эффективность деятельности центров и степень их влияния на межрегиональное сотрудничество.

В рамках исследования при разработке методики оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня применялись такие методы, как имитационное моделирование, экономико-статистические методы, эвристические методы, методы экспертных оценок.

Имитационное моделирование позволяет воспроизвести строение исследуемой системы межрегионального взаимодействия на основе анализа наиболее существенных элементов. Экономико-статистические методы позволяют получить чёткое представление об исследуемом объекте, охарактеризовать и количественно описать его внутреннюю структуру и внешние связи. Эвристические методы направлены на получение качественных характеристик субъектов взаимодействия и основываются на опыте и интуиции специалистов. Метод экспертных оценок позволяет произвести качественный анализ межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня, а также способен прогнозировать возможность дальнейшего расширения межрегиональных связей.

### **Результаты и их обсуждение**

Межрегиональное взаимодействие субъектов РФ в рамках НОЦ мирового уровня в целом направлено на развитие экономико-технологической связанности территорий (рис. 1).

Составленная модель межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках НОЦ мирового уровня основывается на совместной научно-технической деятельности участников НОЦ. Некоторые регионы-участники развивают свою деятельность в нескольких направлениях и становятся участниками нескольких НОЦ мирового уровня.

Также межрегиональное взаимодействие в рамках НОЦ мирового уровня может осуществляться через обмен опытом. Например, в НОЦ «Инженерия будущего» оптимизация работы и качественные результаты возможны лишь при объединении с другими регионами для поиска решений и обмена опытом.

В таблице 1 представлено межрегиональное взаимодействие некоторых НОЦ мирового уровня, направленное на объединение вузов, научных организаций и бизнеса для эффективной разработки прикладных технологий. К основным формам такого взаимодействия можно отнести:

1. Обмен информацией о лучших практиках и научно-технических достижениях посредством цифровых сервисов и взаимной эксплуатации высокотехнологичного оборудования через центры коллективного пользования.
2. Совместная реализация научно-технологических и научно-образовательных инфраструктурных проектов.

### 3. Сотрудничество с центрами компетенций Национальной технологической инициативы (НТИ).

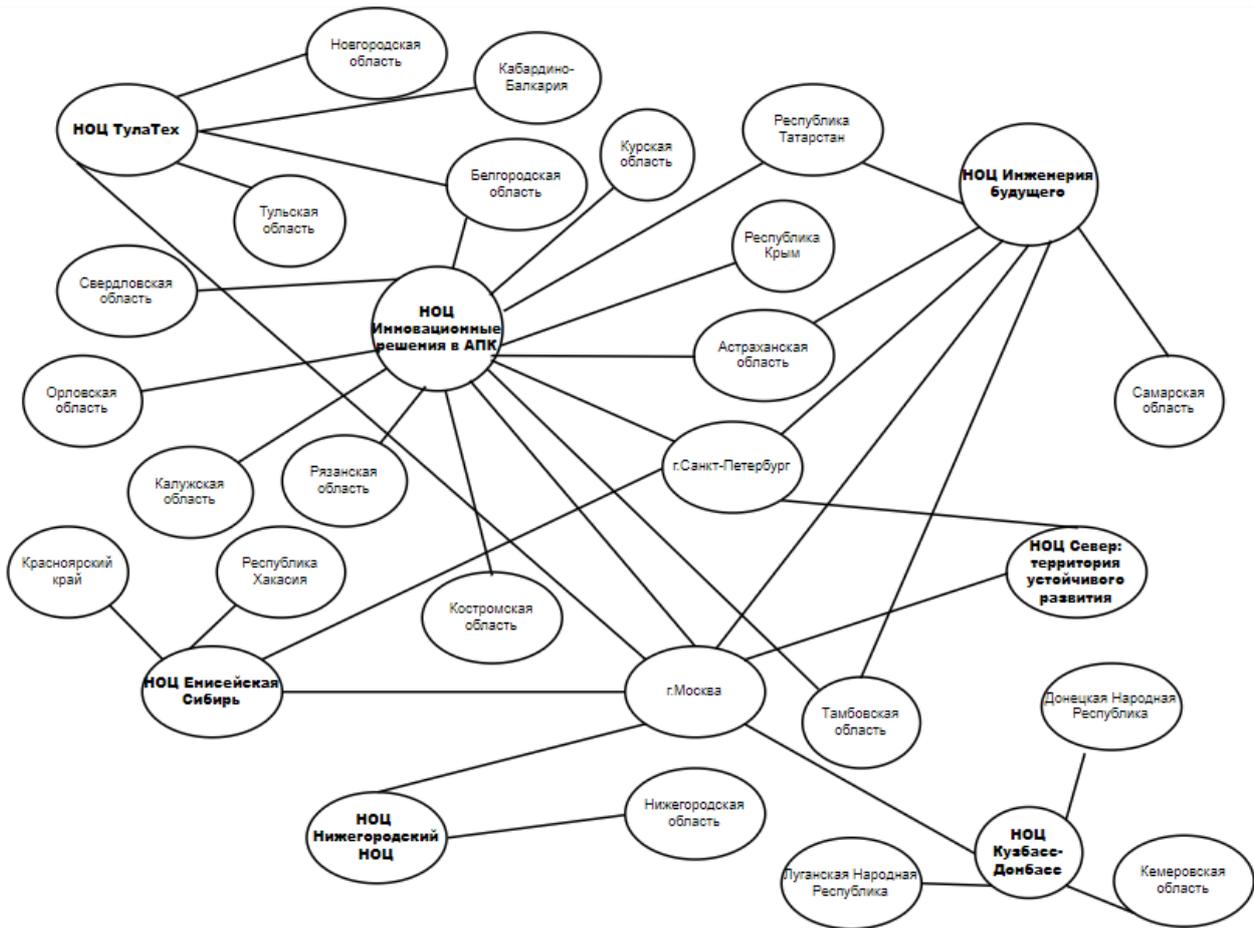


Рис. 1. Модель межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках НОЦ мирового уровня

Fig. 1. A model of interregional interaction between the subjects of the Russian Federation within the framework of world-class Research and Education Centers

Межрегиональное взаимодействие субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня осуществляется через следующие механизмы:

1. Координация деятельности и общее управление в рамках наблюдательных и управляющих советов НОЦ, а также управляющих компаний.
2. Создание рабочих групп с включением в их состав представителей участников и партнёров центров, а также органов государственной власти.
3. Функционирование проектных офисов, обеспечивающих процессы формирования и реализации научно-технологических и научно-образовательных инфраструктурных проектов.
4. Создание единых цифровых платформ для научного и научно-технологического взаимодействия участников центров.

В данной статье предложена модель оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня (табл. 2).

Таблица 1  
 Table 1

Межрегиональное взаимодействие в рамках НОЦ мирового уровня  
 Interregional cooperation within the framework of world-class Research and Education centers

НОЦ мирового уровня	Участники центра		
	Образовательные организации	Организации реального сектора экономики	Регионы
«Нижегородский НОЦ»	«Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» «Московский технический университет связи и информатики» «Московский политехнический университет» «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» «Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”» «Волжский государственный Университет водного транспорта» «МИРЭА – Российский технологический университет» «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина» «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.	АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА», АО «ГК «Титан», АО «Дзержинское», АО «Нижегородский завод 70-летия Победы», АО «НПО «Правдинский радиозавод», АО «НПП «Полет», АО «НПП «Салют», АО «Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И.И. Африкантова», АО «Русполимет», АО «Силнекс», АО «Технопарк «Саров», АО «Управляющая компания Биохимического холдинга ОРГХИМ», АО «Химсорбент», АО «Центральный научно-исследовательский институт «Буревестник», АО ГНЦ РФ «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», ГК «Узола» (ООО «Континент ЭТС»), ООО Инжиниринговое объединение «Инсайт», ООО НПО «Специальные материалы и технологии», ООО НПФ «Реабилитационные технологии», ООО НТЦ «Химинвест», ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», ФКП «Завод имени Я.М. Свердлова», АНО «Нижегородский НОЦ», АНО ДПО «КУПНО».	г. Москва, Нижегородская область
«Инновационные решения в АПК»	«Белгородский университет кооперации, экономики и права» «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» «Национальный исследовательский технологический университет “МИСиС”» «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева» «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина» «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» «Костромская государственная сельскохозяйственная академия» «Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова».	АО «Биоамид», АО «ОЭЗ «ВладМиВа» и его дочерние предприятия, ГК «Приосколье», ГК «ЭФКО», ЗАО «Восход», ЗАО «Завод Премиксов № 1», ЗАО Племенной рыбоводитомник «Шараповский», ОАО «Шебекинский меловой завод», ООО «АгроАкадемия», ООО «АгроВи», ООО «АНТРЕЛ-Автоматизация», ООО «Астаксантиновые биотехнологии», ООО «Бел Органика», ООО «Белгородский свинокомплекс», ООО «БЕЛСЕЛЬХОЗХИМИЯ», ООО «Белянка», ООО «Гелан», ООО «ГК “Агро-Белогорье”», ООО «Инжиниринговый химико-технологический центр», ООО «Инжиниринговый центр НИУ “БелГУ”», ООО «Научно-технический центр биологических технологий в сельском хозяйстве» (ООО «НТЦ БИО»), ООО «НПО “Биотехнологии и наноматериалы”», ООО «НПФ ВИК».	Астраханская область, Белгородская область, Курская область, г. Москва, г. Санкт-Петербург, Калужская область, Костромская область, Орловская область, Свердловская область, Республика Татарстан, Республика Крым, Рязанская область.

\*Составлено на основе данных [Научно-образовательные центры мирового уровня, 2024].

Таблица 2  
 Table 2

Методика оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках  
 комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня  
 Methodology for assessing interregional interaction between the subjects of the Russian  
 Federation within the framework of complementary technological competencies of world-class  
 Research and Education Centers

Этап	Описание этапа	Методы	Данные	Результат
Анализ вовлечённости субъектов и отраслей в научно-технологическую повестку НОЦ мирового уровня	Анализ взаимодействия субъектов РФ в рамках НОЦ мирового уровня.	Математико-статистические методы, метод экспертных оценок	Наличие и эффективность региональных программ научно-технологического развития. Научно-технологический потенциал отдельных территорий. Инновационная активность отраслей.	Обеспечение трансформации экономики субъектов за счёт реализации портфеля практических научно-технологических проектов, разрабатываемых в зависимости от конкретной специализации и потребностей регионов.
Оценка формирования комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня	Оценка выявления и формирования комплементарных технологических компетенций.	Метод экспертных оценок, статистические методы оценки.	Опыт научно-технологической деятельности. Научно-технологический задел. Учитываются созданные или приобретённые результаты интеллектуальной деятельности, научно-технологическая инфраструктура.	Формирование мета-компетенций (по ключевым видам деятельности научно-образовательного центра: исследовательская, инновационная, предпринимательская, инженерно-технологическая, образовательная) и сквозных компетенций, наличие которых является необходимым и достаточным у команды проекта НОЦ для того, чтобы замкнуть предпринимательский контур проекта и сделать его успешным.
Оценка мобильности кадров	Оценка видов мобильности кадров.	Аналитический метод (оценка показателей)	Развитие сетевых форм организации научной, научно-технической и инновационной деятельности.	Перемещение научных кадров из академической сферы в сферу производства и научные отделы предприятий, предполагающее трансфер знаний между различными областями деятельности, обмен информацией между академической сферой и сферой промышленного производства, возможность работы многонациональных исследовательских коллективов и сетей.
Оценка деятельности НОЦ мирового уровня	Оценка деятельности НОЦ мирового уровня по определенным критериям.	Количественный подход, основанный на оценке целевых показателей.	Количество патентов на изобретения. Доля новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции в общем объёме отгруженной продукции. Техническая вооружённость сектора исследований и разработок.	Достижение НОЦ мирового уровня поставленных приоритетных задач.
Разработка рекомендаций по активизации межрегионального взаимодействия в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня	Разработка рекомендаций по развитию технологического межрегионального взаимодействия.	Метод экспертных оценок	Результаты этапов анализа и оценки.	Проведение передовых исследований, разработка новых конкурентоспособных технологий, подготовка высококвалифицированных кадров, обладающих комплементарными технологическими компетенциями для решения крупных научно-технологических задач.

Методика оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня включает в себя:

**1. Анализ вовлечённости субъектов и отраслей в научно-технологическую повестку НОЦ мирового уровня.** Для оценки вовлечённости субъектов и отраслей в научно-технологическую повестку можно использовать, например, следующие показатели:

– Наличие и эффективность региональных программ научно-технологического развития. По ним можно оценить действия региональных и федеральных властей, направленные на научно-технологическое развитие субъектов РФ.

– Научно-технологический потенциал отдельных территорий. Его поддерживают в субъектах с высоким потенциалом, чтобы сохранить, укрепить и эффективно использовать, а также трансформировать технологии, товары и услуги, привлечь высококвалифицированные кадры в научно-технологическую и производственную сферы в иные субъекты РФ.

– Инновационная активность отраслей. Для её оценки можно использовать математико-статистические методы, которые позволяют группировать и классифицировать отрасли по уровню научно-технической интенсивности экономической деятельности (НТЭД). К таким особенностям относят уровень технологичности производства, тип выпускаемой продукции, уровень фондоёмкости и материалоёмкости, степень вовлечённости во внешнеторговые операции, наличие экологических обязательств и другие.

– Показатели Национального рейтинга научно-технологического развития, который публикуется ежегодно до 1 октября года, следующего за отчётным.

**2. Оценка формирования комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня.** Развитие технологических компетенций предполагает формирование умений применять различные способы и средства преобразования материалов, энергии, информации, рассчитывать экономическую эффективность и предполагать возможные экологические последствия технологической деятельности, составлять свои жизненные и профессиональные планы (табл. 3). Оцениваются такие показатели, как: количество и качество передовых технологий, разработанных членами НОЦ мирового уровня и переданных для внедрения и производства в организации реального сектора экономики; количество объектов интеллектуальной собственности, созданных в рамках реализации НОЦ мирового уровня; объём доходов, полученный участниками НОЦ мирового уровня от передачи прав на интеллектуальную собственность в России и за рубежом; доля инновационной продукции (товаров, услуг), созданной с использованием интеллектуальной собственности, в общем объёме производимой продукции (товаров, услуг); объём оказанных инжиниринговых услуг; количество технологических «стартап-компаний», созданных на базе участников НОЦ мирового уровня; количество разработанных и реализуемых образовательных программ высшего образования и программ дополнительного профессионального образования; количество обучающихся по программам магистратуры и аспирантуры по направлениям деятельности НОЦ; количество специалистов, прошедших курсы повышения квалификации и (или) переквалификации; доля молодых, перспективных исследователей от общего количества исследователей, вовлечённых в работу НОЦ.

**3. Оценка мобильности кадров.** Мобильность кадров должна обеспечивать баланс всех ресурсов, скорость взаимодействия системы образования, научной сети и индустрии.

Вот некоторые аспекты, которые способствуют этому:

– Обеспечение кадрами новейших направлений исследований. Благодаря мобильности обеспечиваются кадрами новейшие направления исследований, появляются инновации.

– Накопление и расширение научного опыта. Смена мест работы и видов деятельности выступает способом накопления и расширения научного опыта, что стимулирует более эффективное генерирование инновационных идей.

– Межсекторальная мобильность. Она связана с перемещением научных кадров из академической сферы в сферу производства и научные отделы предприятий. Такая форма мобильности предполагает трансфер знаний между различными областями деятельности, обмен информацией между академической сферой и сферой промышленного производства.

– Возможность работать многонациональным исследовательским коллективам и сетям. Это усиливает конкурентоспособность стран, куда направлена мобильность, а также их первенство в использовании полученных результатов.

– Минимизация различных барьеров. Это важно для высокой скорости и качества создания технологий и их трансфера в наукоёмкие сектора экономики. Для минимизации барьеров при создании технологий и их трансфере в наукоёмкие сектора экономики можно предпринять следующие шаги:

I. Сократить транзакционные издержки взаимодействия исследователей, инженеров и технологических предпринимателей, а также обеспечить доступ к различным услугам, необходимым для научной, научно-технической и инновационной деятельности, является одним из целевых индикаторов государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации». Согласно этому документу [Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. N 377 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Научно-технологическое развитие Российской Федерации”»], к 2030 году планируется, в частности:

- a. Сократить транзакционные издержки. Например, количество баз данных, подписка на которые обеспечивается за счёт средств федерального бюджета, должно быть увеличено не менее чем до 26.
- b. Обеспечить высокий уровень доступности информации, необходимой для научной и научно-технической деятельности. В том числе должен быть обеспечен доступ исследовательских групп к национальным и международным информационным ресурсам, включая исследовательские данные.
- c. Развитие сетевых форм организации научной, научно-технической и высокотехнологичной деятельности.

II. Устранить институциональные барьеры. Они ограничивают взаимодействие между экономическими субъектами и затрудняют процессы трансфера и внедрения технологий.

III. Обеспечить диалог между бизнесом и наукой. Наука должна быть ориентирована на запросы бизнеса, а бизнес, в свою очередь, должен быть осведомлён о текущих отечественных разработках.

IV. Разработать методики оценки экономического эффекта от внедрения новых технологий и процессов. Это позволит достоверно информировать потенциальных потребителей о финансовой выгоде от приобретения инновационных продуктов и технологий.

Создать условия для защиты интеллектуальной собственности при трансфере технологий на внешние рынки.

**4. Оценка деятельности НОЦ мирового уровня.** Для экономико-статистической оценки деятельности НОЦ мирового уровня используются такие подходы, как: анализ целевых показателей (доля вузов, научных организаций и предприятий в общем их количестве по стране, количество новых высокотехнологичных рабочих мест, доля исследователей до 39 лет в общем объёме исследователей); развитие сетевых форм организации научной, научно-технической и инновационной деятельности (исследовательские, инженерно-производственные консорциумы, кластерные формы развития высокотехнологичного бизнеса.); количество патентов на изобретения (показатель может указывать на результативность научных исследований и разработок); доля новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции в общем

объёме отгруженной продукции (показатель может отражать эффективность трансфера результатов исследований в стадию практического применения); техническая вооружённость сектора исследований и разработок (наличие и состояние научно-технологического оборудования, центров коллективного пользования им, экспериментального производства и инжиниринга).

Таблица 3

Table 3

**Наличие межрегионального взаимодействия  
 в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня  
 Availability of interregional cooperation within the framework  
 of complementary technological competencies of world-class RECs**

Регион	НОЦ мирового уровня						
	«Нижегородская НОЦ»	«Инновационные решения в АПК»	«ТулаТех»	«Инженерия будущего»	«Север: территория устойчивого развития»	«Кузбасс-Донбасс»	«Енисейская Сибирь»
г. Москва	+	+	+	+	+	+	+
Архангельская область		+					
Белгородская область		+					
г. Санкт-Петербург		+		+	+		+
Республика Татарстан		+		+			
Тамбовская область		+		+			
Орловская область		+					
Новгородская область			+				
Тульская область			+				
Свердловская область		+					
Калужская область							
Курская область		+					
Донецкая Народная Республика						+	
Кемеровская область						+	
Нижегородская область	+						
Луганская Народная Республика						+	
Республика Хакасия							+
Рязанская область							
Самарская область				+			
Красноярский край							+
Всего	2	9	3	5	2	4	4

**5. Разработка рекомендаций по активизации использования фактора межрегионального взаимодействия в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня.**

В процессе разработки рекомендаций по развитию приоритетных видов межрегионального взаимодействия, стратегических партнёрств с другими регионами, повышению эффективности использования инструментов межрегионального взаимодействия рассматриваются источники финансирования реализации программ деятельности НОЦ и их процентное соотношение в общем объёме направленных денежных средств, сопоставляются основные задачи НОЦ мирового уровня с целями национального проекта «Наука и университеты», что позволяет оценить, насколько центры реализуют стратегические цели государства.

## Заключение

Создание сети НОЦ в первую очередь призвано обеспечить решение прорывных прикладных задач по приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642, поэтому разработанная методика оценки межрегионального взаимодействия субъектов РФ в рамках комплементарных технологических компетенций НОЦ мирового уровня будет являться индикатором развития передовых сквозных технологий, способствующих обеспечению независимости и экономической безопасности Российской Федерации. Учет в методике специфики комплементарных технологических компетенций позволяет расширять возможности использования трудового потенциала, минимизируя адаптационные издержки встраивания в процесс межрегионального взаимодействия в рамках НОЦ мирового уровня, тем самым повысит эффективность реализации высокотехнологичных инвестиционных проектов.

## Список источников

- Подведены итоги деятельности научно-образовательных центров за 2022 год. URL. <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-ministerstva/70916/> (дата обращения: 10.10.2024).
- Научно-образовательные центры мирового уровня. 2024. URL. <https://ноц.рф/centersb> (дата обращения: 10.10.2024).
- Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. N 377 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями)». URL. <https://base.garant.ru/72216664/> (дата обращения: 10.10.2024).
- Национальный проект «Наука и университеты». URL. [https://minobrnauki.gov.ru/nac\\_project/](https://minobrnauki.gov.ru/nac_project/) (дата обращения: 10.10.2024).

## Список литературы

- Анисимова В.Ю., Гаффарлы Э.П. 2021. Анализ финансирования и роли научно-образовательных центров мирового уровня в РФ. Вестник Самарского университета. Экономика и управление, 12(2): 7–18. DOI: 10.18287/2542-0461-2021-12-2-7-18
- Бакуменко О.А. 2018. Организационно-экономический механизм управления межрегиональным взаимодействием субъектов РФ (на примере Северо-Западного федерального округа). Экономика и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз, 11(3): 117–131. DOI: 10.15838/esc.2018.3.57.8
- Кузнецова Е.П., Иванов С.Л. 2023. Научно-образовательные центры мирового уровня: значение инновационного развития России. Организатор производства, 31 (1): 102–115.
- Лавриненко Е.А., Бондарева Я.Ю. 2021. Формирование оптимального инвестиционного портфеля высокотехнологичных проектов в рамках научно-образовательного центра мирового уровня. Экономика. Информатика, 48(4): 650–662. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2021-48-4-650-662>
- 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. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2022-49-4-707-717>
- Никитюк Н.Н. 2023. Межрегиональное взаимодействие как инструмент достижения стратегических целей социально-экономического развития региона. Вестник евразийской науки, 15(3): 24–39.
- Полухин О.Н., Маматов А.В., Спичак И.В., Кирий Н.В. 2020. Формирование инновационной образовательной системы в НИУ «БелГУ» как основы подготовки кадров мирового уровня на базе НОЦ «Инновационные решения в АПК». Достижения науки и техники АПК, 34(9): 9–13. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10902.
- Резепин А.В. 2016. Экономический кризис в России: координация федеральных и региональных мер стабилизационной политики в условиях неоднородности экономического пространства. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент, 10 (2): 71–75.

- Симарова И.С., Алексеевичева Ю.В., Жигин Д.В. 2022. Цифровые компетенции: понятие, виды, оценка и развитие. Вопросы инновационной экономики, 12(2): 935–948. doi: 10.18334/vinec.12.2.114823.
- Сорокин А.Н., Яковлева Е.И., Фильченкова И.Ф., Ширяева Ю.С., Краснопевцева Т.Ф. 2023. Компетенции научно-образовательного центра: определение, перечень и структура. Вестник Мининского университета, 1(34), 4. DOI: 10.26795/2307-1281-2021-9-1-4

## References

- Anisimova V.Yu., Gaffarly E.P. 2021. Analysis of the financing and role of world-class scientific and educational centers in the Russian Federation. Bulletin of Samara University. Economics and Management, 12(2): 7–18 (in Russian). DOI: 10.18287/2542-0461-2021-12-2-7-18
- Bakumenko O.A. 2018. The organizational and economic mechanism for managing interregional interaction of the subjects of the Russian Federation (on the example of the North-Western Federal District). Economic and social changes: facts, trends, forecast, 11(3): 117–131 (in Russian). DOI: 10.15838/esc.2018.3.57.8
- Kuznetsova E.P., Ivanov S.L. 2023. World-class scientific and educational centers: the importance of innovative development in Russia. Production Organizer, 31 (1): 102–115 (in Russian).
- Lavrinenko E.A., Bondareva Y.Y. 2021. Formation of an optimal investment portfolio of high-tech projects within the framework of a world-class scientific and educational center. Economics. Information technologies, 48(4): 650–662 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2021-48-4-650-662>
- Lavrinenko E.A., Bondareva Y.Y., Lyschikova J.V. 2022. Development of Methodological Tools for Evaluation and Selection High-Tech Investment Projects with in the Framework of World-Class Scientific and Educational Centers (RECs). Economics. Information technologies, 49(4): 707–717 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2022-49-4-707-717>
- Nikityuk N.N. 2023. Interregional cooperation as a tool for achieving strategic goals of socio-economic development of the region. Bulletin of Eurasian Science, 15(3):24–39 (in Russian).
- Polukhin O.N., Mamatov A.V., Spichak I.V., Kiriy N.V. 2020. Formation of an innovative educational system at the National Research University "BelSU" as the basis for training world-class personnel on the basis of the REC "Innovative solutions in agriculture". Achievements of science and technology of the Agroindustrial complex, 34(9): 9–13 (in Russian). doi: 10.24411/0235-2451-2020-10902.
- Rezepein A.V. 2016. The economic crisis in Russia: coordination of federal and regional stabilization policy measures in the context of heterogeneity of the economic space. Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management, 10 (2): 71–75 (in Russian).
- Simarova I.S., Alekseevicheva Yu.V., Zhigin D.V. 2022. Digital competencies: concept, types, assessment and development. Issues of Innovative Economics, 12(2): 935–948 (in Russian). doi: 10.18334/vinec.12.2.114823.
- Sorokin A.N., Yakovleva E.I., Filchenkova I.F., Shiryayeva Y.S., Krasnopevtseva T.F. 2023. Competencies of the scientific and educational center: definition, list and structure. Bulletin of Mininsky University, 1(34), 4 (in Russian). DOI: 10.26795/2307-1281-2021-9-1-4

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 11.10.2024

Received October 11, 2024

Поступила после рецензирования 29.10.2024

Revised October 29, 2024

Принята к публикации 31.10.2024

Accepted October 31, 2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Лавриненко Елена Александровна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической кибернетики, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

**Elena A. Lavrinenko**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia



**Лыщикова Юлия Владимировна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

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



УДК 332.1

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-766-782

## Факторы формирования и результативности региональной стратегии цифровой трансформации

<sup>1,2</sup> Муравьев С.Р., <sup>2</sup> Федорова Е.П.

<sup>1</sup> Астраханский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»  
Россия, 414024, г. Астрахань, ул. Б. Хмельницкого, д. 33А

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»  
Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а  
E-mail: smuraviev@inbox.ru, lenafedorova@mail.ru

**Аннотация.** Социально-экономическое развитие России невозможно без совершенствования многоуровневой системы стратегического управления процессами цифровизации и цифровой трансформации. В механизме достижения национальной цели развития России «цифровая трансформация» региональным стратегиям отводится роль относительно самостоятельных звеньев, от качества которых в значительной степени зависит общий результат. Анализ показывает, что уже на стадии разработки стратегий в области цифровой трансформации появляются проблемы регуляторного, организационного, финансового и кадрового характера. Целью данного исследования является выявление факторов, оказавших влияние на специфичность содержания стратегии в области цифровой трансформации субъектов РФ и результативность ее реализации. Для анализа содержания региональных цифровых стратегий Южного Федерального округа использовался метод сравнительных характеристик. Для расчета индексов цифровой зрелости отдельных отраслей экономики использовались методические рекомендации Минцифры России. В результате были выявлены внешние и внутренние факторы, влияющие на реализацию цифровой региональной стратегии, связанные со спецификой региона: изначальный уровень цифровизации отраслей региона; отраслевая структура производства, сложившийся цифровой разрыв между отраслями экономики региона. Полученные результаты вносят вклад в развитие исследований о реализации региональных цифровых стратегий.

**Ключевые слова:** региональные стратегии цифровой трансформации, цифровая трансформация, цифровой разрыв, стратегии цифровой трансформации, экосистема цифровой трансформации

**Для цитирования:** Муравьев С.Р., Федорова Е.П. 2024. Факторы формирования и результативности региональной стратегии цифровой трансформации. Экономика. Информатика, 51(4): 766–782. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-766-782

## A Region's Digital Transformation Strategy: Formation and Effectiveness Factors

<sup>1,2</sup> Sergei R. Muravyev, <sup>2</sup> Elena P. Fedorova

<sup>1</sup> Astrakhan Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Civil Service  
33a B. Khmel'nitsky St, Astrakhan 414024, Russia

<sup>2</sup> Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev  
20A Tatishchev St, Astrakhan 414056, Russia  
E-mail: smuraviev@inbox.ru, lenafedorova@mail.ru

**Abstract.** Russia's socio-economic development is impossible without improving the multi-level system of strategic management of digitalization and digital transformation processes. Regional strategies are assigned the role of relatively independent links in the mechanism of achieving the national goal of Russia's development that relates to digital transformation. The overall result largely depends on the quality of these

links. The analysis of modern research shows that regulatory, organizational, financial, and personnel challenges emerge as early as at the stage of developing digital transformation strategies. The purpose of this study is to identify the factors that have influenced the specific content of the digital transformation strategy of Russia's regions, as well as the effectiveness of its implementation. We use the method of comparative characteristics to analyze the contents of regional digital strategies in the Southern Federal District of the country. Digital maturity indices of particular sectors of economy are calculated in line with the recommendations of the Russian Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media. As a result, we identify external and internal factors that influence the implementation of the region's digital strategy and relate to regional specifics: the initial level of digitalization of regional industries; the sectoral structure of production, the existing digital gap between the sectors of the regional economy. The results obtained contribute to the development of research on the implementation of regional digital strategies.

**Keywords:** regional digital strategies, digital transformation, digital divide, digital transformation strategies, digital transformation ecosystem

**For citation:** Muravyev S.R., Fedorova E.P. 2024. A Region's Digital Transformation Strategy: Formation and Effectiveness Factors. *Economics. Information technologies*, 51(4): 766–782 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-766-782

---

---

## Введение

«Догоняющая» модель технологического развития России в последнее десятилетие стала почвой для формирования новых реальных угроз национальной безопасности, противодействие которым невозможно без совершенствования многоуровневой системы стратегического управления процессами цифровизации и цифровой трансформации. В 2024 году в указе Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» были скорректированы и расширены цели цифровой трансформации, определенные ранее указом Президента РФ № 474 от 21 июля 2020 года, что показывает особое место цифровой трансформации в системе национальной безопасности и социально-экономического развития России.

В механизме достижения национальной цели «цифровая трансформация» региональным стратегиям отводится роль относительно самостоятельных звеньев. Насколько в стратегиях были отражены особенности развития региона, в том числе при выборе дополнительных отраслей для достижения «цифровой зрелости», какие для этого были возможности и барьеры, какие факторы повлияли на достижение промежуточных результатов реализации стратегии – ответы на эти вопросы требуют исследования для повышения результативности стратегического похода к цифровой трансформации.

Цель исследования состоит в том, чтобы на примере отдельных регионов Южного федерального округа выявить факторы, оказавшие влияние на специфичность содержания стратегии в области цифровой трансформации субъектов РФ и результативность ее реализации.

В процессе исследования была проверена гипотеза, согласно которой в содержании стратегии в области цифровой трансформации субъектов РФ учет территориальной и отраслевой специфики региона будет реализован, в том числе, выбором дополнительных отраслей для достижения «цифровой зрелости», а трансформационные характеристики и количество проектов в этих отраслях будет определяться рекомендациями федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ), финансовыми возможностями региона и сложившегося цифрового разрыва (неравномерности внедрения цифровых технологий) между отраслями.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования выступают регионы Южного Федерального округа и соответствующие региональные стратегии цифровой трансформации (далее – РЦСТ). Методы данного исследования определялись его целью и информационной основой. Метод сравнительных характеристик использовался при сопоставлении содержания актуальных версий стратегий цифровой трансформации регионов ЮФО. На основе методики Минцифры России и данных, предоставленных Министерством государственного управления, информационных технологий и связи Астраханской области был проведен расчет индексов цифровой зрелости отдельных отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Астраханской области.

## Результаты и их обсуждение

Цифровая трансформация (далее – ЦТ) в настоящее время стала одним из ведущих направлений опубликованных исследований в современных академических и научно-практических журналах. Поиск в Google Trends на английском языке словосочетания «digital transformation» показывает рост интереса с уровня 1 в 2004 году до 100 в 2023–2024 годах, а поиск на русском языке – рост интереса с уровня 8 в 2014 году до 100 в 2021 году и снижение до 50 в 2024 году<sup>1</sup>. Проблемы, связанные с пандемией COVID-19, подтолкнули организации многих стран к необходимости ускорения ЦТ [Hanelt A. et al., 2021]. Анализ работ отечественных и зарубежных ученых выявил отсутствие единого понимания данного явления. Например, немецкие ученые из университета Кесселя: А. Ханелт, Р. Бохнсаком, Д. Марцем и С. Антунес Маранте, под ЦТ понимают стратегические организационные изменения под воздействием цифровых технологий [Hanelt et al., 2021]. Отличие ЦТ от прошлых организационных изменений проявляется в следующих характеристиках:

1) технологии, которые вызывают изменения в организации, значительно отличаются от прошлых информационных технологий: аналитика больших данных, социальные сети, мобильные технологии или облачные вычисления [Bharadwaj et al., 2013];

2) многие цифровые технологии не могут быть ограничены контурами конкретных фирм или отраслей и включают широкую экосистему, потребителей и государство [Григорьев и Варакса, 2019]. Всеобъемлющие новые цифровые инфраструктуры являются открытыми, гибкими и готовыми к использованию широким кругом бенефициаров [Tilson et al., 2010].

Достаточно подробный обзор трактовок термина ЦТ дается в докладе специалистов Высшей школы экономики (НИУ ВШЭ). Авторы доклада считают, что «трансформация» характеризует, во-первых, качественные изменения в бизнес-процессах и бизнес-моделях, прежде всего возникающие в рамках цифровых платформ и в результате внедрения передовых цифровых технологий, а во-вторых, значительные мультипликативные социальные и экономические эффекты от внедрения цифровых технологий [Абдрахманова и др., 2021]. Важное добавление в понятие ЦТ исследователи ВШЭ сделали в соответствии с выводом экспертов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Вывод заключается в том, что основой трансформации выступает «экосистема взаимозависимых цифровых технологий, постоянное развитие которых стимулирует экономические и социальные изменения» [Абдрахманова и др., 2022].

Понимание содержания ЦТ выступает наиболее общим критерием оценки содержания РЦСТ и происходящих изменений в экономике и социальной сфере.

Исходным пунктом стратегического планирования в соответствии с федеральным законом № 172-ФЗ является целеполагание, и в качестве стратегических целей в настоящее время выступают национальные цели развития Российской Федерации. Указом Президента РФ № 474 от 21 июля 2020 года в рамках национальной цели «цифровая трансформация» были установлены 4 общих направления (индикатора) ее достижения и соответствующие целевые значения показателей в 2030 году. Среди этих индикаторов ЦТ важное место

<sup>1</sup> Источник: <https://trends.google.com/trends/explore?q=digital%20transformation%20is&date=all>

отводится показателю достижения «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления до 100 % к 2030 году.

Утвержденные Приказом Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 (в дальнейшем рассматривается редакция от 29.12.2023) методики расчета целевых показателей цифровой трансформации имеют различия на федеральном уровне и на уровне регионов. На федеральном уровне оценивается «цифровая зрелость» 12 отраслей и сфер, а для регионов – только для 5 отраслей – общее образование, здравоохранение, государственное управление, общественный транспорт, городское хозяйство и строительство. При этом в Методических рекомендациях по подготовке высшими исполнительными органами государственной власти субъектов РФ программы ЦТ в качестве обязательных указаны 6 отраслей и сфер, включая социальную сферу.

Необходимость «разработать и утвердить стратегии цифровой трансформации» до 1 июля 2021 года воплотилась в поручение Президента РФ по итогам конференции по искусственному интеллекту в 2020 году. Практически все регионы утвердили стратегию в августе-сентябре 2021 года на период 2022–2024 годов (стратегия утверждается один раз в три года), а к началу 2022 года – соответствующую программу ЦТ.

Механизм разработки и согласования региональной стратегии ЦТ отражает следующий подход: на высшем федеральном уровне (Президентом и Правительством РФ) определяются основные цели и задачи, для их реализации федеральными органами исполнительной власти разработаны и утверждены ведомственные программы цифровой трансформации. ФОИВ соответственно определили проекты, а также их результаты и показатели, необходимые для реализации указанных программ. Эти проекты направляются в регионы как обязательные и рекомендованные для включения в стратегии и реализации с учетом установленных показателей результативности. В регионах с учетом специфики разрабатываются свои региональные проекты. Именно так региональные стратегии работают на достижение региональных, отраслевых и общенациональных целей. Подобный вывод является оптимистическим, но при этом следует понимать, что разработчики РСЦТ в значительной степени обременены перечнем рекомендованных (по сути обязательных) к реализации проектов в 6 отраслях и сферах, что в условиях бюджетных ограничений создает сложности для удовлетворения специфических потребностей региона.

Уже на стадии разработки первоначального варианта стратегий регионы продемонстрировали различные подходы к планированию. Анализ стратегий показал, что некоторые регионы расширили перечень отраслей для реализации проектов по достижению цифровой зрелости по сравнению с минимальным федеральным перечнем, другие добавили 1–3 отрасли, а отдельные регионы ограничились требованиями ФОИВ. Основная причина различия в подходах заключается в дифференциации кадровых и бюджетных возможностей регионов. Оценка содержания РСЦТ, проведенная рядом российских исследователей, показала следующие особенности стратегического планирования:

- большинство регионов в 2021 г. запланировало проекты, содержание которых – цифровые платформенные решения, в том числе в сфере социальной защиты, безопасности документооборота, эффективности функционирования и взаимодействия органов власти и управления;

- наиболее «популярными» из дополнительных отраслей (помимо 6 обязательных) стали промышленность (в 80 % субъектов РФ), экология и природопользование (в 63 % субъектов РФ), сельское хозяйство (в 51 % субъектов РФ) [Шитов и др., 2023];

- для содержания стратегий характерны недостатки: во многих стратегиях отсутствует взаимосвязь между предлагаемыми к внедрению российскими технологиями и проектами по их внедрению, а также некорректно определяются проблемы, вызовы и риски для отраслей и социальных сфер [Абрамов и Андреев, 2023].

Тот факт, что значительное количество регионов выбрали и промышленность, и сельское хозяйство для достижения цели по ЦТ при разработке РСЦТ вызывает интерес к рассмотрению характеристик проектов в этих отраслях, и этот интерес связан с цифровым разрывом между отраслями.

К началу разработки РСЦТ накопился значительный материал исследований, предметом которых стал цифровой разрыв (ЦР) между регионами России. Обычно такой разрыв в литературе рассматривается в рамках концепции «трехуровневого цифрового разрыва» как неодинаковая доступность для населения сетевой инфраструктуры, различия в навыках и направлениях использования цифровых технологий. Но уже в начале 2000-х годов специалисты Секретариата ОЭСР определяли этот разрыв (англ. digital divide) более широко, как «разрыв между отдельными лицами, домашними хозяйствами, предприятиями и географическими районами на различных социально-экономических уровнях как с точки зрения их возможностей доступа к информационно-коммуникационным технологиям, так и с точки зрения использования ими Интернета для широкого круга видов деятельности» [Understanding the Digital Divide, 2001]. Широкая трактовка ЦР применительно к развитию российских регионов как разницы в уровне региональных технологических возможностей приводится в публикациях некоторых российских авторов [Глезман, 2021, Миролубова, 2023].

ЦР между регионами во многом объясняется территориальными особенностями регионов. В качестве основных причин ЦР между отраслями, например, в докладе сотрудников ИСИЭЗ НИУ ВШЭ 2021 года, называются структура отрасли, влияющая, на финансовые возможности организаций в зависимости от их масштабов и на требуемый объем инвестиций для цифровизации деятельности; помимо этого, причиной разрыва служат различия в типах и объемах данных, необходимых для обработки [Абдрахманова и др., 2021].

Учитывая «популярность» обрабатываемой промышленности и сельского хозяйства как дополнительных направлений ЦТ в региональных стратегиях, акцентируем внимание на этих сферах производства при анализе факторов формирования содержания РСЦТ.

В 2021 г. оценка цифровой зрелости промышленности России по методике Минцифры РФ составила 21 %, сельского хозяйства – 8 %. При этом следует учесть, что в оценке зрелости сельского хозяйства преобладают показатели, связанные с цифровым профилем и электронной отчетностью, тогда как в оценке обрабатываемой промышленности 5 из 10 показателей отражают долю предприятий, использующих новые производственные технологии [Абдрахманова, 2022]. Низкий уровень внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве связан с различным уровнем цифровой зрелости крупных компаний и малых форм хозяйствования, недостатком подготовленных для этого вида деятельности ИТ-специалистов (и ограниченного спроса на них), отсутствием профессионального понимания экономических эффектов цифровизации [Вершинина, Орлова, 2021].

Для оценки факторов формирования РСЦТ с учетом цифрового разрыва между отраслями были рассмотрены актуализированные в 2022 году стратегии ЦТ отдельных регионов ЮФО: Ростовской области, Волгоградской области и Астраханской области.

Согласно отчету о ходе реализации государственной программы Российской Федерации «Информационное общество», за 2022 год Ростовская область продемонстрировала относительно высокое значение показателя «Достижение "цифровой зрелости..."» – 80,7 %, Волгоградская область – 69,7 %. Астраханская область заняла 81 место из 84 регионов с показателем 46,9 %.

В РСЦТ Ростовской области предусмотрена трансформация по 18 направлениям, а в Волгоградской области – по 12 направлениям. Астраханская область ограничилась на первом этапе реализации стратегии 8 направлениями. При этом все три субъекта РФ являются дотационными, то есть ни у одного региона нет существенных финансовых преимуществ для обеспечения ЦТ.

В табл. 1 представлены показатели ВДС по данным отраслям и изменение Рейтинга инновационного развития регионов (РИРР).

Таблица 1

Table 1

Показатели ВДС по отраслям: сельское хозяйство, обрабатывающая промышленность, добывающая промышленность и изменение рейтинга РИРР

GVA indicators by industry: agriculture, manufacturing, mining and change in the Regions' Innovative Development Rating (RIRR)

Регионы	Доля ВДС сельского хозяйства, охоты и рыболовства в % 2021	Доля ВДС обрабатывающего производства в %, в 2021	Доля ВДС добывающего производства %, в 2021	РИРР в 2021	РИРР в 2024	Изменение рейтинга
Ростовская область	13,1	17,1	1,3	21	20	1
Волгоградская область	15,9	18,5	4,9	43	37	6
Астраханская область	6	3,6	49,2	60	65	-5

Примечание: таблица оставлена на основании источников: Регионы России 2023, Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуски 8, 9

Из данных таблицы 1 следует, что в Волгоградской и Ростовской областях можно отметить значительную долю в структуре ВДС сельского хозяйства и обрабатывающего производства и значительное улучшение рейтинга РИРР. В структуре ВДС Астраханской области в 2021 году почти 50 % занимает добывающая промышленность, что снижает доли обрабатывающей промышленности и сельского хозяйства; также следует обратить внимание на снижение рейтинга РИРР.

Об отражении специфики региона в РСЦТ в определенной степени свидетельствует количество дополнительных отраслей и сфер (направлений). Так, Ростовская область и Волгоградская область в качестве дополнительных отраслей для достижения цифровой зрелости выбрали, в том числе, сельское хозяйство и промышленность. В первом варианте Стратегии в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Астраханской области (2021 г.) также в качестве дополнительных отраслей были выбраны сельское хозяйство и промышленность, но в актуализированной стратегии 2022 года место промышленности заняли финансовые услуги.

Что касается стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 года, заметим, что основными участниками и исполнителями стратегического направления являются Минэнерго России и организации топливно-энергетического комплекса, поэтому в РСЦТ представлены только отдельные мероприятия. Например, в стратегии Ростовской области обозначен проект по использованию единой системы сбора и анализа данных технического состояния инфраструктуры и персонала ТЭК. В Астраханской области многие подобные задачи могут решаться запуском соответствующего домена на платформе «ГосТех».

В данной статье особое внимание уделим проектам РСЦТ в области обрабатывающей промышленности и сельского хозяйства (табл. 2 и 3). Обратим внимание на то, что решениями Правительства РФ в 2021 году были утверждены (а в 2023 году актуализированы) стратегические направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. Именно эти документы являются основой для разработки отраслевых проектов в РСЦТ.

В таблице 2 представлена характеристика проектов ЦТ обрабатывающей промышленности в РСЦТ Ростовской области и Волгоградской области.

Таблица 2  
 Table 2

Характеристика проектов развития отрасли «Промышленность» в стратегиях  
 в области цифровой трансформации отдельных регионов ЮФО  
 Characteristics of development projects for the "Industry" sector in strategies for digital  
 transformation of individual regions in the Southern Federal District

Регионы	Характеристика проекта	Срок реализации / источник финансирования	Внедряемые / используемые сквозные технологии
Ростовская область	1. Формирование на платформе ГИСП цифровых паспортов крупных и средних предприятий промышленных предприятий в обрабатывающих производствах (рекомендован ФОИВ)	До 2024 года / Финансирование не требуется	Не предусмотрено
	2. Методическая поддержка внедрения цифровых платформ для производства кастомизированной продукции и применение технологии предиктивной аналитики (рекомендован ФОИВ)		
	3. Методическая поддержка создания банков данных материалов, технологий и цифровых двойников продукции (рекомендован ФОИВ)	До 2030 года / Финансирование не требуется	
	4. Финансовая поддержка (льготные займы, льготный лизинг, субсидии на разработку и внедрение) проектов по разработке и внедрению российского промышленного ПО, умному импортозамещению (рекомендован ФОИВ)	До 2024 года / Федеральное финансирование	
	5. Поддержка проектов по созданию и развитию инфраструктуры испытательных полигонов (рекомендован ФОИВ)	До 2030 года / Федеральное финансирование	
Волгоградская область	1. Формирование на платформе ГИСП цифровых паспортов системообразующих предприятий промышленных предприятий в обрабатывающих производствах.	2024 год / Региональный бюджет.	Не предусмотрено
	2. «Умное производство» – адресная работа с предприятиями по участию в национальном проекте «Производительность труда» и формированию цифровых паспортов		

Примечание: источник данных – Актуальные версии Стратегий ЦТ. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1064/> (дата обращения: 15.07.2024).

При анализе данных таблицы 2 следует учесть, что, согласно Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года (утв. Минпромторгом РФ) в период 2021–2024 гг. по проекту «Умное производство» должны быть завершены, в том числе, следующие мероприятия:

– сформированы на платформе ГИСП (Государственная информационная система промышленности) цифровые паспорта промышленных предприятий, в том числе большинства системообразующих предприятий, создана биржа мощностей промышленных предприятий (с последующей коммерциализацией по ГЧП);

– оказана финансовая поддержка проектов по разработке и внедрению российского промышленного программного обеспечения и проектов внедрения «цифровых двойников» производства, продукции и др., а также проектов внедрения технологий предиктивной аналитики и промышленного интернета вещей, внедрения цифровых платформ для производства кастомизированной продукции, технологий предиктивной аналитики.

Характеристики проектов, представленные в таблице 2, показывают, что практически все они рекомендованы ФОИВ (Минпромторгом РФ). Несмотря на то, что такого указания в РСЦТ Волгоградской области нет, данные проекты являются рекомендованными. По сути, это означает, что регион придерживается направлений федеральной отраслевой стратегии либо использует федеральные платформы и сервисы, либо рассчитывает на федеральное финансирование. Этот факт может свидетельствовать о том, что региональные особенности развития промышленности учтены лишь частично. Например, по некоторым направлениям в отраслевой стратегии ЦТ предусмотрено субсидирование, но при планировании мероприятий стратегии ОИВ Ростовской области ограничились методическими рекомендациями (по-видимому, оценив уровень готовности предприятий к запросам на внедрение указанных в этих проектах технологий).

Несомненно, что в РСЦТ Ростовской области предусмотрено включение более широкого круга задач, отвечающих характеристике цифровой трансформации, чем в стратегии Волгоградской области. Тем не менее использование федеральной платформы ГИСП и содержание проектов показывают, что формирование региональной экосистемы в сфере обрабатывающей промышленности и экосистемы самих предприятий за счет внедрения технологий «умного производства» остается перспективной задачей.

Мероприятия РСЦТ Волгоградской области соответствуют первому этапу отраслевой стратегии, но крайне ограничено (формирование цифровых паспортов), и можно утверждать, что имеет место несогласование сроков основных мероприятий отраслевой и региональной стратегии ЦТ.

Анализ проблем и рисков, касающихся сферы промышленности в стратегиях ЦТ Ростовской и Волгоградской области, показывает, что причины медленных процессов цифровой трансформации обрабатывающей промышленности могут заключаться в неготовности предприятий к внедрению новых технологий. Это выражается в высокой степени износа основных фондов обрабатывающих производств, ограниченном воздействии региональных органов управления собственников коммерческих организаций в условиях низкой инновационной активности и низкого уровня автоматизации производства. Как представляется, один из основных факторов недостаточного запроса самих предпринимателей на внедрение цифровых технологий за счет собственных средств предприятий и даже при субсидировании внедрения новых технологий, мало чем (кроме кадровых проблем) должен отличаться от факторов, ограничивающих инвестиционную деятельность. Результаты обследования инвестиционной активности организаций 4 видов экономической деятельности, которые обычно относят к отрасли «Промышленность», в 2022 году показали, что 74 % организаций назвали в качестве ограничивающего фактора «неопределенность экономической ситуации в стране», 63 % – «недостаток собственных средств»<sup>1</sup>.

Далее рассмотрим характеристику проектов регионов по отрасли «Сельское хозяйство» (таблица 3).

<sup>1</sup> Инвестиции в России. 2023: Стат. сб. / Росстат. – М., 2023. С. 107.

Таблица 3  
 Table 3

Характеристика проектов развития отрасли «Сельское хозяйство» в стратегиях  
 в области цифровой трансформации отдельных регионов ЮФО  
 Characteristics of development projects for the agriculture industry in the strategies  
 for digital transformation of individual regions in the Southern Federal District

Регионы	Характеристика проекта	Срок реализации / источник финансирования	Внедряемые / используемые сквозные технологии
Ростовская область	1. Развитие [модернизация] геоинформационной системы мониторинга земель сельхоз. назначения с целью создания платформы для ИИ в сфере управления сельским хозяйством.	До 2024 года / Региональный бюджет и [или] внебюджетные источники	Внедряются технологии сбора и обработки больших данных, пространственного анализа и моделирования
	2. Развитие [модернизация] системы сбора и анализа оперативной информации «АгроРост» с целью создания базы актуальных сведений о состоянии сельского хозяйства региона и обмена данными внутри региона	До 2024 года / Региональный бюджет и [или] внебюджетные источники	Технологии сбора и обработки больших данных
	3. Обеспечение внедрения в регионе единого информационного пространства в области прослеживаемости зерна и продуктов его переработки	До 2024 года / Финансирование не требуется	Используются федеральные технологии сбора и обработки больших данных
Волгоградская область	Цифровая трансформация АПК – мониторинг сельхозугодий в системе «Агропортал» Волгоградской области, цифровой формат поддержки предприятий АПК, повышение цифровой грамотности работников, обеспечение внедрения в регионе единого информационного пространства в области прослеживаемости зерна и продуктов его переработки и др.	2024 год / Региональный бюджет	Не применяются
Астраханская область	Цифровое сельское хозяйство: создание и развитие сервисов для производителей: этап создания единой цифровой площадки отраслевых данных, обеспечение государственной поддержки предприятиям АПК в цифровом формате и повышения квалификации работников в области цифровых компетенций	2024 год / Региональный бюджет и внебюджетные источники	Системы поддержки принятия решений, рекомендательные системы, технологии сбора и обработки больших данных, Интернет вещей

Примечание: источник данных – Актуальные версии Стратегий ЦТ. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1064/> [дата обращения: 15.07.2024]

Обратим внимание на тот факт, что планирование реализации проектов по цифровой трансформации сельского хозяйства в период 2022–2024 годов происходило при отсутствии единой цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. Начало ее создания, как предусматривает Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года (23.11.2023), планируется к декабрю 2024 года. Поэтому рекомендуемые Минсельхозом РФ и Росрыболовством проекты для регионов отражали эти особенности (по сравнению с наличием платформы ГИСП). Вместе с тем функционирует ФГИС «Зерно» – информационная система прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна, поэтому в стратегиях ЦТ Ростовской и Волгоградской областей был запланирован соответствующий проект, не требующий дополнительного финансирования, что определяется спецификой сельскохозяйственного производства. Доля зернового производства в Ростовской и Волгоградской областях – наибольшая в продукции растениеводства, тогда как наибольший удельный вес в растениеводстве Астраханской области занимают овощные культуры.

В федеральной стратегии указывается, что существенная часть цифровизации процессов в основном реализуема только с привлечением внебюджетного финансирования. Наряду с этим, учёт специфики региона был возможен в проектах, финансируемых за счёт бюджета субъекта РФ. Так, в Ростовской области предполагалось создать региональную платформу для ИИ в сфере управления сельским хозяйством, модернизировать имеющуюся информационную систему «АгроРост» для построения системы взаимодействия между региональными ОИВ и органами управления муниципальных образований. В стратегии ЦТ Волгоградской области на первом этапе ее реализации предусматривается использовать имеющуюся региональную систему «Агропортал» для мониторинга сельхозугодий. К завершению 2024 г. также планируется поддержка предприятий АПК в цифровом формате и переход на электронный документооборот.

В Астраханской области, как и в двух других рассматриваемых регионах ЮФО, к 2024 г. предусмотрено завершение первого этапа создания единой цифровой площадки данных в сфере сельского хозяйства и рыбохозяйственного комплекса (соответствие стратегии отрасли).

В целом те факторы относительно низкого уровня цифровизации сельского хозяйства, которые были рассмотрены при объяснении отраслевого цифрового разрыва, сохраняют своё действие и оказывают влияние на содержание проектов в регионах. Кроме того, те же проблемы, которые были отмечены при анализе содержания проектов промышленности, характерны для сельского хозяйства. Например, в Стратегии социально-экономического развития Астраханской области на период до 2035 года констатируется проблема низкой технической оснащённости и высокой степени износа производственных мощностей предприятий АПК, низкая степень внедрения научных разработок.

По сравнению с содержанием проектов цифровой трансформации промышленности, проекты в области сельского хозяйства в меньшей степени соответствуют понятию цифровая трансформация и охватывают меньший процент организаций.

Несомненно, что качественные характеристики содержания РСЦТ должны оказывать существенное влияние на уровень достижения целевых показателей «цифровой зрелости» по направлениям региональной стратегии. Вместе с тем при наличии обязательных направлений ЦТ и «рекомендуемых» проектов результативность стратегии зависит от ряда финансовых и организационных факторов.

В условиях ограниченной информации об итогах реализации конкретных РСЦТ рассмотрим промежуточные результаты достижения целевых показателей проектов на примере Стратегии в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Астраханской области.

Основные проекты национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» на территории области реализуются в рамках государственной программы «Информационное общество Астраханской области». По данным Министерства государственного управления, информационных технологий и связи Астраханской области за период реализации в 2015–2023 гг. финансирование этой программы составило 1 700 596,2 тыс. руб., в том числе средства федерального бюджета – 456 120,5 тыс. руб., бюджета Астраханской области – 1 244 475,7 тыс. руб. Доля бюджета Астраханской области в общем объёме финансирования государственной программы региона в 2015–2024 гг. должна составить 73 %, что значительно отличается от плана финансирования ГП в 2024–2030 гг., где доля такого финансирования из регионального бюджета абсолютно выше – 99,8 %. Основной объём федерального финансирования был запланирован на реализацию регионального проекта «Информационная инфраструктура (Астраханская область)».

В результате реализации проекта 100 % социально значимых объектов подключены к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Наибольшая доля финансирования из регионального бюджета приходится на подпрограмму «Информатизация Астраханской области» (срок реализации – 2015–2023 годы): по факту финансирования программы эта доля составила почти 67 %. Это позволило обеспечить функционирование системы процедур оказания государственных и муниципальных услуг в электронном виде и электронное межведомственное взаимодействие.

Далее проведём анализ результатов достижения целевых показателей проектов стратегии цифровой трансформации Астраханской области в 2023 году.

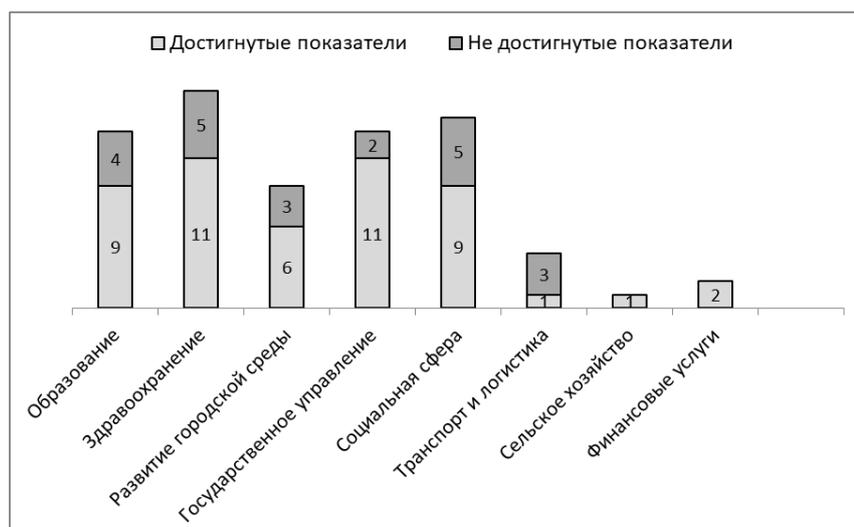


Рис. 1. Число достигнутых и недостигнутых целевых значений показателей по сферам цифровой трансформации в Астраханской области в 2023 г., ед.

Fig. 1. The number of achieved and unachieved target values of indicators for the spheres of digital transformation in the Astrakhan region in 2023, units.

Источник данных: информация министерства государственного управления, информационных технологий и связи Астраханской области

Как следует из данных рисунка 1, доля показателей, по которым достигнуты целевые значения показателей для большинства обязательных направлений цифровой трансформации по отраслям и сферам находится в диапазоне 64–69 %. Большой процент (84 %) характерен для сферы государственного управления. Только по сфере транспорта и логистики по большинству показателей не достигнуты плановые значения.

По двум дополнительно выбранным направлениям «Сельское хозяйство» и «Финансовые услуги» уже по итогам 1 квартала 2023 года обеспечено плановое достижение показателей. Но анализ показывает, что эти направления включают достаточно узкие сферы

деятельности. Так, в сельском хозяйстве было обеспечено повышение квалификации работников отрасли по образовательным программам, включающим программы освоения цифровых компетенций в агропромышленном комплексе (5 чел. в год). В финансовых услугах обеспечена доля случаев оказания медицинской помощи, по которым предоставлены электронные медицинские документы в подсистеме ЕГИСЗ за период (целевой показатель на 2023 г. – 87 %), а также доля участков мировых судей, подключенных к ГАС «Правосудие» (целевой показатель на 2023 г. – 87 %).

В соответствии с методикой расчёта целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» (2020 г.) были рассчитаны индексы цифровой зрелости отраслей и сфер (таблица 4).

Таблица 4  
Table 4

Целевые и фактические индексы цифровой зрелости отраслей экономики и социальной сферы Астраханской области по итогам 2023 года, проценты  
Target and actual indices of digital maturity of economic sectors and social sphere of the Astrakhan region by the end of 2023, percentage

Индекс цифровой зрелости	Образование	Здравоохранение	Государственное управление (оценка по 6 показателям из 11)*	Транспорт и логистика (общественный транспорт)	Развитие городской среды (городское хозяйство)
Целевой индекс	44,92	79,3	67,4	73,3	67,8
Фактический индекс	74,21	88,0	82,05	46,39	65,19

\* В программе цифровой трансформации не представлены некоторые целевые показатели, которые необходимы для оценки достижения «цифровой зрелости» сферы государственного управления согласно методике оценки субъектов РФ.

Источник данных: информация министерства государственного управления, информационных технологий и связи Астраханской области; расчёты авторов.

Рассчитанные отраслевые индексы показывают, что самые высокие значения индексов продемонстрировали отрасли социальной сферы и государственное управление. Для этих отраслей и сфер был предусмотрен значительный объем финансирования на реализацию проектов ещё до начала реализации региональной стратегии ЦТ.

Анализ планируемых результатов реализации проектов по большинству направлений стратегии (2030 год) показывает их соответствие содержанию понятия цифровой трансформации. Тем не менее характеристики первого этапа выполнения проектов (2022–2024 гг.) позволяют сделать вывод о цифровизации и подготовке к цифровой трансформации (например, по направлению «Транспорт и логистика») или о подготовке к внедрению отдельных цифровых технологий (по направлению «Сельское хозяйство»).

Ряд целевых значений показателей проектов по обязательным отраслям (указанным в методичке по заполнению программы ЦТ) не достигнут из-за превышения плановых показателей, при том что фактически многие из достигнутых результатов соответствуют целевым значениям на 2030 год или их превышают. Некоторые недостигнутые значения свидетельствуют об ограниченных возможностях активизации деятельности бенефициаров стратегии ЦТ (родителей учеников, граждан-пациентов, жителей городов). Это важные, но не основные причины проблем в достижении результативности программы цифровой трансформации.

Как показывает анализ плана реализации Стратегии АО, отчётов министерства государственного управления, информационных технологий и связи Астраханской области, основными причинами низкого или нулевого исполнения установленных

показателей, неудовлетворительной реализации целого ряда проектов Стратегии цифровой трансформации Астраханской области являются следующие:

– практически все проекты по обязательным для включения в программу цифровой трансформации направлениям являются рекомендованными ФОИВ, но по большинству из них, как следует из анализа содержания стратегии, федеральное финансирование или софинансирование не предусмотрено (например, проекты «Гособлако», «НСУД», «Цифровизация для транспортной безопасности» «Цифровое управление транспортным комплексом РФ», «Новый умный дом (Формирование платформы цифрового ЖКХ на базе модернизированной ГИС ЖКХ)» и др.; для большинства мероприятий проектов (кроме пилотных проектов, а также создания цифровой платформы «Гостех») финансирование из федерального бюджета предусматривается до 2024 г. или 2025 года); аналогичная проблема характерна для всех регионов [Аврамчикова, 2022];

– отсутствие или недостаточное нормативное регулирование вопросов по ряду проектов (в основном транспортная сфера); в Астраханской области инструменты внедрения цифровой платформы пассажирских перевозок (ЦПП) должны удовлетворять цифровым стандартам Минтранса России, а они находятся в разработке, а также интегрироваться с ЭРА-ГЛОНАСС, сервисами проката средств микромобильности и пригородным железнодорожным транспортом;

– низкая активность некоторых отраслевых министерств и недостаточный уровень организационных мероприятий с их стороны (например, не выполнено мероприятие по вводу в ЕГИССО реестра поставщиков социальных услуг и регистра получателей социальных услуг);

– недостаточная обеспеченность органов власти и организаций специалистами в сфере ИКТ и информационной безопасности. Как показывает анализ статистических данных, несмотря на мероприятия в области цифровизации экономики Астраханской области в период 2019–2022 г. на 12,5 % уменьшилось число организаций, использовавших специальные программные средства, и незначительно выросло (на 4,6 %) число организаций, использующих ИКТ. Удельный вес занятых в секторе ИКТ вырос и составил в 2022 г. 1,3 %, но остался низким относительно среднероссийского показателя (1,7 %).

Проблемы в той или иной степени характерны для всех направлений (отраслей, сфер) цифровой трансформации. Согласимся с выводом о том, что цифровая трансформация может дать значительные экономические и социальные эффекты только при отраслевой сбалансированности этого процесса, что требует перераспределения усилий и ресурсов [Абрамов и Андреев, 2023]. Итоги 2022–2023 годов свидетельствуют о росте цифрового разрыва не только между регионами (по результатам индекса «цифровой зрелости» и содержания РСЦТ), но и разрыва между отраслями в целом в российской экономике и внутри отдельного региона.

### Заключение

Анализ содержания стратегий цифровой трансформации отдельных субъектов РФ позволил выявить основные внешние и внутренние факторы формирования региональной стратегии цифровой трансформации. Были подтверждены основные предположения (гипотеза) исследования: в РСЦЦ выбор дополнительных направлений ЦТ отражает учёт территориальной и отраслевой специфики региона, но характеристики и количество проектов в дополнительных направлениях ЦТ во многом определяются проектами отраслевой стратегии, возможностью их финансирования. Кроме того, на качественные характеристики проектов оказывает влияние сложившийся цифровой разрыв между отраслями (направлениями).

Были установлены следующие внешние факторы (по отношению к региону), оказавшие влияние на региональные органы исполнительной власти и межведомственные комиссии при разработке стратегии цифровой трансформации субъекта РФ:

– нормативные правовые акты, обусловившие направления национальной цели «цифровая трансформация», методические основы разработки стратегии и программы цифровой трансформации субъекта Российской Федерации, требующие включения 6 обязательных направлений (отраслей);

– стратегические направления в области цифровой трансформации по отраслям экономики, социальной сферы и государственного управления, утверждённые решениями Правительства РФ и определившие этапы, проекты и инструменты реализации соответствующих отраслевых стратегий, условия выделения финансирования организациям;

– согласованность сроков утверждения, наличие или отсутствие цифровых и технологических стандартов и регламентов в ряде отраслей.

На примере отдельных субъектов РФ ЮФО (Ростовской области, Волгоградской области и Астраханской области) были выявлены внутренние (региональные) факторы разработки стратегий:

– специфика региона: достигнутый к началу разработки стратегии уровень цифровизации отраслей региона в результате реализации региональных проектов государственной программы «Информационное общество» и национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», и запланированные к реализации в 2022–2024 гг. (обеспеченные финансированием) мероприятия проектов национальной программы;

– специфика региона: отраслевая структура производства, финансовые возможности, активность региональных ОИВ, низкая инновационная и инвестиционная активность собственников предприятий, недостаточная кадровая подготовленность ОИВ и предприятий к внедрению проектов цифровой трансформации; эти факторы оказывают влияние на количество проектов и мероприятий, выбор дополнительных направлений цифровой трансформации;

– специфика региона: сложившийся цифровой разрыв между отраслями экономики и возможность воздействия на его причины (как показал анализ содержания стратегии и проектов по направлениям «Промышленность» и «Сельское хозяйство» регионов ЮФО); этот фактор обусловил содержание и количество проектов с учётом возможности использовать федеральные и имеющиеся в регионе информационные системы и платформы в отраслях в условиях бюджетных ограничений.

Факторы достижения промежуточных результатов также можно классифицировать как внешние и внутренние факторы. В качестве внешних (по отношению к региональным ОИВ) факторов, оказавших влияние на результативность достижения целевых значений показателей, выделим следующие:

– объем фактического финансирования ряда обязательных или рекомендуемых к реализации ФОИВ, объем фактического финансирования региональных проектов из федерального бюджета;

– согласованность сроков реализации мероприятий проектов по отраслям и их нормативного обеспечения, например, в сфере утверждения цифровых стандартов по отраслям и единых технологических стандартов;

– обеспеченность организаций трансформируемой отрасли специалистами в сфере ИКТ и информационной безопасности;

– заинтересованность бенефициаров проектов принимать активное участие в мероприятиях этих проектов, в том числе активность предпринимателей в сфере внедрения цифровых технологий.

К внутренним факторам следует отнести следующие:

– уровень организационных мероприятий со стороны отраслевых органов власти и управления;

– компетенции сотрудников региональных ОИВ в сфере ИКТ и информационной безопасности.

Сочетание этих внутренних и внешних факторов определило содержание РСЦТ и промежуточные результаты реализации проектов. Понимание причинно-следственных связей, формируемых результатами исследования факторов, имеет практическую составляющую, которая может быть реализована региональными ОИВ в процессе актуализации РСЦТ во взаимосвязи со стратегией социально-экономического развития субъекта.

### Список источников

- Стратегия национальной безопасности Российской Федерации, утверждённая Указом Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 683 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации" [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_219559/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_219559/) [дата обращения: 23 октября 2019].
- Федеральный Указ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», от 7 мая 2024 г. URL: . дата обращения: 12 августа 2024].
- Стратегии развития информационного общества РФ в 2017–2030, утверждённая Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203, URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201705100002.pdf> [дата обращения: 16 августа 2024]
- Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 03.07.2024).
- Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 9 / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, С.В. Артёмов и др.; под ред. Л.М. Гохберга, Е.С. Куценко; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 248 с.
- Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 8 / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, С.В. Бредихин и др.; под ред. Л.М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2023. – 260 с.
- Understanding the Digital Divide. 2001. OECD Digital Economy Papers. No. 49. Paris: OECD Publishing. Режим доступа: [https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/understanding-the-digital-divide\\_236405667766](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/understanding-the-digital-divide_236405667766) (дата обращения: 03.07.2024).

### Список литературы

- Абдрахманова Г. и др. И. 2021. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; рук. авт. кол. П.Б. Рудник; науч. ред. Л.М. Гохберг, П.Б. Рудник, К.О. Вишневский, Т.С. Зинина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики.
- Абдрахманова Г.И. и др. 2022. Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский, М.А. Гершман, Л.М. Гохберг и др.; рук. авт. кол. П.Б. Рудник; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики.
- Абрамов В.И., Андреев В.Д. 2023 Анализ стратегий цифровой трансформации регионов России в контексте достижения национальных целей. Вопросы государственного и муниципального управления, 1: 89–119. DOI: 10.17323/1999-5431-2023-0-1-89-119.
- Аврамчикова Н.Т., Рукосуев А.О. 2022. Цифровая трансформация экономики на региональном уровне: стратегия и специфика. E-Management, 5(4): 64–71. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2022-5-4-64-71>.
- Вершинина А.В., Орлова Е.Р. 2021. Стратегия цифровизации и реальная российская экономика. Экономическая наука современной России, (4): 16–19. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-4\(95\)-16-19](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-4(95)-16-19).
- Глезман Л.В. 2021. Приоритеты пространственно-отраслевого развития регионов в условиях цифровизации экономики. Вопросы инновационной экономики, 2(11): 581–596. DOI: 10.18334/vines.11.2.111961.
- Григорьев Е.А., Варакса А.А. 2022. Новый технологический уклад и российская экономика. Экономика. Информатика, 49(3): 474–482. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-3-474-482

- Миролюбова Т.В., Радионова М.В. 2023. Цифровая трансформация и её влияние на социально-экономическое развитие российских регионов. Экономика региона, 19(3): 697–710. <https://doi.org/10.17059/ekon>.
- Шитов Е.А., Раков Д.А., Коврова Е.С., Дворянцева Н.А., Зарубин Ю.В., Шабурова Я.С. 2023. Комплексная оценка качества и полноты региональных стратегий в области цифровой трансформации субъектов Российской Федерации. Вопросы инновационной экономики, 13(1): 503–520. DOI: 10.18334/vinec.13.1.117249.
- Bharadwaj A., El Sawy O.A., Pavlou P.A., Venkatraman N. 2013. Digital business strategy: Toward a next generation of insights. MIS Quarterly, 37: 471–82.
- Hanelt A., Bohnsack R., Marz D., Antunes Marante C. 2021. A systematic review of the literature on digital transformation: Insights and implications for strategy and organizational change. Journal of management studies, 58(5): 1159–1197.
- Tilson D., Lyytinen K, Sorensen C. 2010. Research commentary – Digital infrastructures: The missing IS research agenda. Information Systems Research, 21: 748–59.

### References

- Abdrakhmanova et al.G. 2021. Digital transformation of industries: starting conditions and priorities: dokl. to XXII Apr. intl. scientific conf. on problems of development of economy and society, Moscow / G.I. Abdrakhmanova, K.B. Bykhovskiy, N.N. Veselitskaya, K.O. Vishnevsky, L.M. Gokhberg, etc.; hands ed. count P.B. Rudnik; scientific ed. L.M. Gokhberg, P.B. Rudnik, K.O. Vishnevsky, T.S. Zinina; National research University «Higher School of Economics». – M.: Ed. house of the Higher School of Economics (in Russian)
- Abdrakhmanova G. et al. 2022. Digital Transformation: expectations and reality: dokl. to XXIII Yasinskaya (April) International Scientific Conference on Problems of Development of Economy and Society, Moscow / G.I. Abdrakhmanova, S.A. Vasilkovsky, K.O. Vishnevsky, M.A. Gershman, L.M. Gokhberg, et al. Vishnevsky, M.A. Gershman, L.M. Gokhberg et al. author's collective. P.B. Rudnik; National Research University "Higher School of Economics". – M.: Izd. dom Higher School of Economics (in Russian)
- Abramov V.I., Andreev V.D. 2023 Analysis of strategies for digital transformation of Russian regions in the context of achieving national goals. Public Administration Issues, 1: 89–119. DOI: 10.17323/1999-5431-2023-0-1-89-119 (In Russian).
- Avramchikova N.T., Rukosuev A.O. 2022. Digital transformation of the economy at the regional level: strategy and specifics. E-Management, 5(4): 64–71. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2022-5-4-64-71> (in Russian)
- Vershinina A.V., Orlova E.R. 2021 Strategy of Digitalization and Real Russian Economy. Economics of Contemporary Russia, 4: 16–19. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-4\(95\)-16-19](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2021-4(95)-16-19). (in Russian)
- Glezman L.V. 2021. Prioritety prostranstvenno-otraslevogo razvitiya regionov v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki [Priorities of regional spatial and sectoral development amidst economy digitalization]. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki, 11(2): 581–596. doi: 10.18334/vinec.11.2.111961. (in Russian)
- Grigoriev E.A., Varaksa A.A. 2022. The New Technological Order and the Russian Economy. Economics. Information technologies, 49(3): 474–482. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-3-474-482 (in Russian)
- Mirolubova T.V., Radionova M.V. 2023. Digital Transformation and its Impact on the Socio-Economic Development of Russian Regions. Economy of regions, 19(3): 697–710. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-3-7>. (in Russian)
- Shitov E.A., Rakov D.A., Kovrova E.S., Dvoryantseva N.A., Zarubin Yu.V., Shaburova Ya.S. 2023. Kompleksnaya otsenka kachestva i polnoty regionalnykh strategiy v oblasti tsifrovoy transformatsii subektov Rossiyskoy Federatsii [Comprehensive assessment of the quality and completeness of regional digital transformation strategies of the constituent entities of the Russian Federation]. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki, 13(1): 503–520. doi: 10.18334/vinec.13.1.117249. (in Russian)
- Bharadwaj A., El Sawy O.A., Pavlou P.A., Venkatraman N. 2013. Digital business strategy: Toward a next generation of insights. MIS Quarterly, 37: 471–82.
- Hanelt A., Bohnsack R., Marz D., Antunes Marante C. 2021. A systematic review of the literature on digital transformation: Insights and implications for strategy and organizational change. Journal of management studies, 58(5): 1159–1197.
- Tilson D., Lyytinen K, Sorensen C. 2010. Research commentary – Digital infrastructures: The missing IS research agenda. Information Systems Research, 21: 748–59.



**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 27.08.2024

Received August 27, 2024

Поступила после рецензирования 01.10.2024

Revised October 01, 2024

Принята к публикации 22.10.2024

Accepted October 22, 2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Муравьев Сергей Рудольфович**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры гуманитарных, экономических и управленческих дисциплин Астраханского филиала ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»; доцент кафедры экономической теории ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, г. Астрахань, Россия

**Sergey R. Murav'ev**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Humanities, Economics and Management Disciplines, Astrakhan Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Civil Service; Associate Professor of the Department of Economic Theory, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, Russia

**Федорова Елена Петровна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева», г. Астрахань, Россия

**Elena P. Fedorova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Theory, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, Russia

УДК 332.155

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-783-792

## Финансовое самообеспечение как фактор роста экономической устойчивости региональной хозяйственной системы

Склярова Е.А.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)  
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС»  
309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42  
E-mail: katia.nekrasova96@yandex.ru

**Аннотация.** В условиях новых вызовов для региональных хозяйственных систем важнейшим фактором экономической устойчивости становится способность сохранять и повышать финансовое самообеспечение. В статье представлен авторский аналитический инструмент – индекс оценки финансового самообеспечения региональной хозяйственной системы, и с его помощью проведена оценка финансового самообеспечения Белгородской хозяйственной системы для выявления ее способности к росту экономической устойчивости при возникновении новых вызовов. Индекс финансового самообеспечения региональной хозяйственной системы предлагается рассчитывать на основе двух показателей: объема налоговых поступлений в региональный и консолидированный бюджеты; вклада приоритетных отраслей в формирование валового продукта. Предложенный аналитический инструмент позволил довольно успешно оценить вклад каждой из приоритетных отраслей в финансовое самообеспечение Белгородской хозяйственной системы и отраслевое влияние на рост ее экономической устойчивости. Исследования показали, что налоговые поступления и пополнение валового продукта от добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, сельского хозяйства способны поддержать экономическую устойчивость Белгородской хозяйственной системы, а в некоторых случаях – и обеспечивать ее рост.

**Ключевые слова:** факторы устойчивости, экономическая устойчивость, финансовое самообеспечение, региональная хозяйственная система, индекс, антихрупкость, отраслевая структура

**Для цитирования:** Склярова Е.А. 2024. Финансовое самообеспечение как фактор роста экономической устойчивости региональной хозяйственной системы. Экономика. Информатика, 51(4): 783–792. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-783-792

---

## Financial Self-Sufficiency as a Factor in the Growth of Economic Sustainability of the Regional Economic System

Ekaterina A. Sklyarova

Stary Oskol Technological Institute, branch of National University of Science and Technology MISIS  
42 Makarenko St, Stary Oskol 309512, Russia  
E-mail: katia.nekrasova96@yandex.ru

**Abstract.** In the face of new challenges for regional economic systems, the most important factor in economic sustainability is the ability to maintain and increase financial self-sufficiency. The article presents the author's analytical tool – an index for assessing the financial self-sufficiency of the regional economic system. It was used to assess the financial self-sufficiency of Belgorod economic system with a view to identifying its ability to increase economic sustainability when new challenges arise. It is proposed to calculate the index of financial self-sufficiency of the regional economic system using the author's methodology based on two indicators: the volume of tax revenues to the regional and consolidated budgets, and the contribution of priority sectors to the formation of gross product. The proposed analytical tool made it possible to quite successfully assess the contribution of each priority sector to the financial self-

sufficiency of Belgorod economic system and the sectoral impact on the growth of its economic sustainability. The research has shown that tax revenues and replenishment of the gross product from mining, manufacturing, and agriculture can support the economic sustainability of Belgorod economic system, and in some cases, ensure its growth.

**Keywords:** sustainability factors, economic sustainability, financial self-sufficiency, regional economic system, index, antifragility, sectoral structure

**For citation:** Sklyarova E.A. 2024. Financial Self-Sufficiency as a Factor in the Growth of Economic Sustainability of the Regional Economic System. Economics. Information technologies, 51(4): 783–792 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-783-792

## Введение

Экономическая устойчивость хозяйственных систем заключается в способности, качественно меняясь в условиях новых вызовов и динамических трансформаций внешней среды, противостоять внешним воздействиям. Беспрецедентные международные санкции, примененные против Российской Федерации, обострили проблему экономической устойчивости, в том числе – на региональном уровне.

Под хозяйственной системой регионального уровня предлагается понимать сформированное и управляемое в административно-территориальных границах субъекта Российской Федерации структурное образование, базирующееся на социально-экономических отношениях, организационных формах хозяйственной деятельности, хозяйственных механизмах и экономических связях. Объектом исследования стала Белгородская хозяйственная система – в границах Белгородской области Российской Федерации. Ранее приведенные исследования, в том числе авторские, показали, что Белгородская хозяйственная система обладает потенциалом роста экономической устойчивости: на ее территории одновременно получили развитие сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства [Самарина и др., 2021; Склярова и др., 2024; Стрябкова и др., 2023;].

Экономическая устойчивость региональных хозяйственных систем изменяет свои характеристики под влиянием различных факторов, в том числе – финансовых. Так, в условиях новых вызовов бюджет Белгородской хозяйственной системы, профицитный в 2021 году (профицит 33,0 млрд руб. или 20,8 % от региональных доходов) становится дефицитным в 2022 году (дефицит 30,9 млрд руб. или 22,3 % от региональных доходов); в 2023 году ситуация улучшилась, но бюджет остается дефицитным (дефицит 1,8 млрд руб. или 1,8 % от региональных доходов); при этом государственный долг постоянно рос и в 2023 году составил 44,1 млрд руб. или 26,3 % от региональных доходов (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Характеристики бюджета Белгородской хозяйственной системы за 2021–2023 гг.

Characteristics of the budget of Belgorod economic system for 2021–2023

Показатель	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	План	Факт	План	Факт	План	Факт
Доходы, млрд руб.	157,3	158,7	135,0	138,5	161,9	168,0
Расходы, млрд руб.	133,9	125,7	174,6	169,4	181,9	171,0
Профицит (+); Дефицит (-), млрд руб. / % от доходов	+23,4 / 14,9	+33,0 / 20,8	-39,6 / - 29,3	-30,9 / - 22,3	-20,0 / - 12,4	-3,9 / - 1,8
Гос. долг, млрд руб. / % от доходов	Нет данных	25,5 / 16,0	Нет данных	31,1 / 22,4	Нет данных	44,1 / 26,3

*Примечание.* Составлено автором по материалам Министерства финансов и бюджетной политики Белгородской области [Об исполнении областного бюджета за 2021 год, 2022; Об исполнении областного бюджета за 2022 год, 2023; Об исполнении областного бюджета за 2023 год, 2024]

Помимо снижения доходов и роста госдолга, формируются новые финансовые потоки, направленные на поддержание жизнедеятельности в экстремальных условиях приграничного региона: согласно официальным источникам, в 2022 году дополнительный безвозмездный трансферт на эти цели в региональный бюджет составил 33 млрд рублей, а в 2023 году – 50 млрд руб., из них 8,4 млрд руб. на поддержку граждан, утративших жилье, на восстановление разрушенных и поврежденных зданий; 3,7 млрд руб. на пособия жителей, переселившихся из-за ракетной опасности и обстрелов; 1,4 млрд руб. на обеспечение безопасности региона [Министерство финансов..., 2024].

В условиях новых вызовов для региональных хозяйственных систем важнейшим фактором роста экономической устойчивости становится способность сохранять возможность, во-первых, финансового обеспечения собственного развития, а во-вторых, пополнения бюджета страны. Если налоговые поступления от деятельности приоритетных отраслей и их вклад в формирование валового продукта будут достаточно велики, то можно ожидать, что экономика хозяйственной системы при возникновении новых вызовов сможет поддерживать свое функционирование. Иными словами, такая экономика будет ближе к финансовому самообеспечению – режиму наименьшей зависимости от поступлений из федерального бюджета.

Целью исследования является оценка финансового самообеспечения одной из региональных хозяйственных систем и анализ способности роста ее экономической устойчивости в условиях новых вызовов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие исследовательские задачи:

- разработан новый аналитический инструмент – индекс оценки финансового самообеспечения региональной хозяйственной системы;
- на основании авторского аналитического инструмента проведена оценка финансового самообеспечения экономики Белгородской хозяйственной системы для выявления ее способности к росту экономической устойчивости при возникновении новых вызовов.

### Методы исследования

Для оценки финансового самообеспечения Белгородской хозяйственной системы разработан соответствующий аналитический инструмент – индекс финансового самообеспечения региональной хозяйственной системы. Он имеет эвристический характер, т. е. не является гарантированно точным или оптимальным, но представляется достаточным для достижения поставленной цели. Авторский индекс финансового самообеспечения экономики региональной хозяйственной системы логически близок индексу оценки антихрупкости национальной экономики. Преимущественная часть работ по исследованию антихрупкости экономик стран ориентирована на изучение их способности противостоять сильным воздействиям извне различного генезиса – от стихийных бедствий до международных экономических санкций, и восстанавливаться после таких воздействий до уровня, выше изначального [Балацкий, Екимова, 2023; Галев, 2014]. Для нашего исследования важно, что определение индекса антихрупкости подтвердило мнение российских и зарубежных исследователей, что наиболее устойчивыми к внешним воздействиям являются экономики с повышенным хозяйственным разнообразием [Бажутова и др., 2019; Скуфьина, 2013; Di Caro, 2015].

Индекс финансового самообеспечения региональной хозяйственной системы предлагается рассчитывать по авторской методике на основе двух показателей: во-первых, объема налоговых поступлений в региональный и консолидированный бюджеты; во-вторых, вклада приоритетных отраслей в формирование валового продукта. Значения индекса будут индикатором изменений налоговых поступлений от основных отраслей и их вклада в формирование валового продукта. Увеличение индекса финансового самообеспечения в условиях новых вызовов будет свидетельством роста экономической

устойчивости региональной хозяйственной системы. Снижение индекса будет сигнализировать о снижении экономической устойчивости системы и о возможной нехватке финансовых ресурсов для обеспечения процессов ее жизнедеятельности.

Информационной базой работы стали данные по Белгородской области, представленные, соответственно, Федеральной налоговой службой [Федеральная налоговая служба, 2024] и Федеральным комитетом статистики [Федеральная служба государственной статистики, 2024] за период с 2013 года по 2023 год.

### Результаты и их обсуждение

В соответствии с «моделью выживания» Мальтуса, подкрепленной современной концепцией «антихрупкости» национальных экономик, выявлены приоритетные для жизнеобеспечения отрасли, которые совместно обеспечивают составляющие экономической устойчивости: А 01-03 (по классификации ОКВЭД-2) «Сельское хозяйство, лесное хозяйство и рыболовство» – продовольственную; В 05-09 «Добыча полезных ископаемых» – ресурсную; С 10-33 «Обрабатывающие производства» – технологическую.

Для каждой отрасли индекс финансового самообеспечения имеет вид:

$$f_{ik}^* = \tau_i \gamma_i X_{ki} V_{ki}, \quad (1)$$

где  $\tau_i$  – повышающий коэффициент значимости для  $i$ -ой отрасли;

$\gamma_i$  – нормирующий коэффициент для  $i$ -ой отрасли;

$X_{ki}$  – доля  $i$ -ой отрасли в общем объеме налоговых поступлений в  $k$ -ый год;

$V_{ki}$  – доля  $i$ -ой отрасли в структуре валового продукта в  $k$ -ый год.

Суммарный индекс финансового самообеспечения экономики, учитывающий вклад всех отраслей (количеством  $m$ ), определенных как приоритетные для жизнеобеспечения:

$$F_k^* = \sum_{i=1}^m f_{ik}^* = f_{kc}^* + f_{kp}^* + f_{ko}^*, \quad (2)$$

где  $f_{kc}^*$  – индекс финансового самообеспечения экономики от сельского хозяйства;

$f_{kp}^*$  – индекс финансового самообеспечения от добычи полезных ископаемых;

$f_{ko}^*$  – индекс финансового самообеспечения от обрабатывающих производств.

Суммарный индекс финансового обеспечения экономики региональной хозяйственной системы, оценивающий вклад отраслей в валовой региональный продукт и формирование регионального бюджета:

$$F_k^{**} = \sum_{i=1}^m \tau_i \gamma_i XR_{ki} VR_{ki}, \quad (3)$$

где  $XR_{ki}$  – доля налогов  $i$ -ой отрасли в региональном бюджете в  $k$ -ый год;

$VR_{ki}$  – доля  $i$ -ой отрасли в структуре ВРП в  $k$ -ый год.

Суммарный индекс финансового самообеспечения экономики региональной хозяйственной системы, оценивающий вклад отраслей в валовой внутренний продукт и формирование консолидированного бюджета:

$$F_k^{***} = \sum_{i=1}^m \tau_i \gamma_i XC_{ki} VC_{ki}, \quad (4)$$

где  $XC_{ki}$  – доля налогов  $i$ -ой отрасли в консолидированном бюджете России в  $k$ -ый год;

$VC_{ki}$  – доля  $i$ -ой отрасли в структуре ВВП России в  $k$ -ый год.

Оценка финансового самообеспечения Белгородской хозяйственной системы в отраслевом разрезе показала, что наименее устойчив индекс финансового самообеспечения от сельского хозяйства  $f_{kc}^{**}$  (медиана  $Me = 0,0910$ ; стандартное отклонение  $\sigma = 0,0257$ ). Значение индекса растет в 2013–2016 гг. с небольшим «проседанием» в 2015 году, когда сельское хозяйство Белгородской хозяйственной системы, как и всей страны, столкнулось с первыми санкциями со стороны недружественных стран; далее индекс рос в 2022–2023 гг., в период применения второй волны санкций. Это положительный фактор, свидетельствующий о сильной продовольственной составляющей экономической устойчивости и о способности сельского хозяйства поддерживать экономику региональной

хозяйственной системы в период новых вызовов. Индекс финансового самообеспечения от добычи полезных ископаемых  $f_{кр}^{**}$  (медиана  $Me = 0,0566$ ; стандартное отклонение  $\sigma = 0,02227$ ), напротив, сильно снижался после ввода санкций; однако по мере укрепления экономики его значения стабилизировались. Индекс финансового самообеспечения от обрабатывающих производств  $f_{ко}^{**}$  был наиболее стабилен (медиана  $Me = 0,0651$ ; стандартное отклонение  $\sigma = 0,0141$ ); это свидетельствует о стабильной технологической составляющей экономической устойчивости и о способности подключать резервы во время новых вызовов и искать новые возможности для экономического развития (рис. 1).

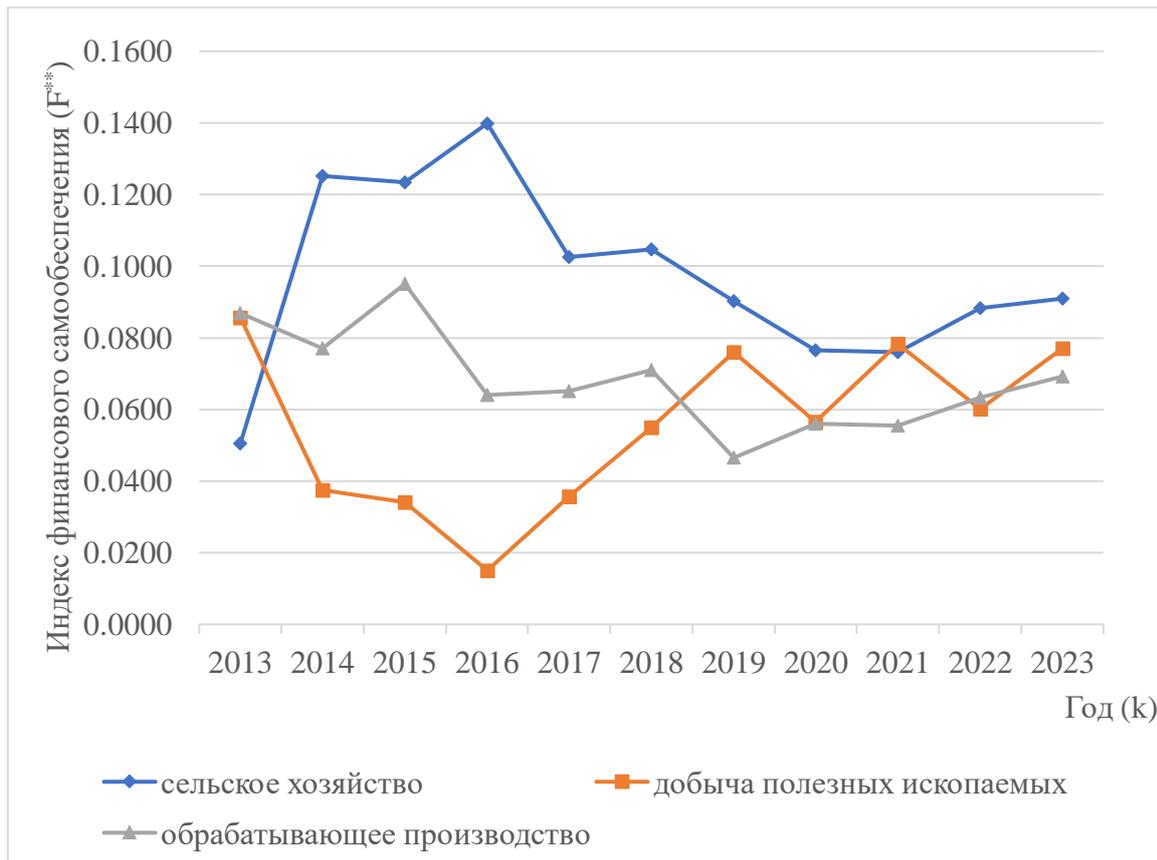


Рис. 1. Индекс финансового самообеспечения Белгородской хозяйственной системы, отражающий вклад отраслей в ВРП и формирование регионального бюджета

Fig. 1. Index of financial self-sufficiency of Belgorod economic system, reflecting the contribution of industries to GRP and the formation of the regional budget

Примечание. Расчеты автора

Суммарный индекс финансового самообеспечения Белгородской хозяйственной системы  $F_k^{**}$  по годам довольно существенно отличается (медиана  $Me = 0,2190$ ; стандартное отклонение  $\sigma = 0,0182$ ). Это означает, что суммарные налоговые поступления в региональный бюджет от сельского хозяйства, добычи полезных ископаемых и обрабатывающего производства, а также вклад этих отраслей в формирование ВРП существенно меняются по годам.

Таким образом, предложенный индекс позволяет довольно успешно оценить вклад каждой из приоритетных отраслей в финансовое самообеспечение региональной хозяйственной системы и отраслевое влияние на рост экономической устойчивости. Вместе с тем динамика значений суммарного индекса позволяет проследить результат довольно успешной антикризисной политики, реализуемой государством и предприятиями Белгородской хозяйственной системы для противостояния вызовам.

Далее представим оценку финансового самообеспечения Белгородской хозяйственной системы с учетом вклада отраслей, определенных как приоритетные для обеспечения жизнедеятельности, в валовой внутренний продукт Российской Федерации и формирование консолидированного бюджета (рис. 2).

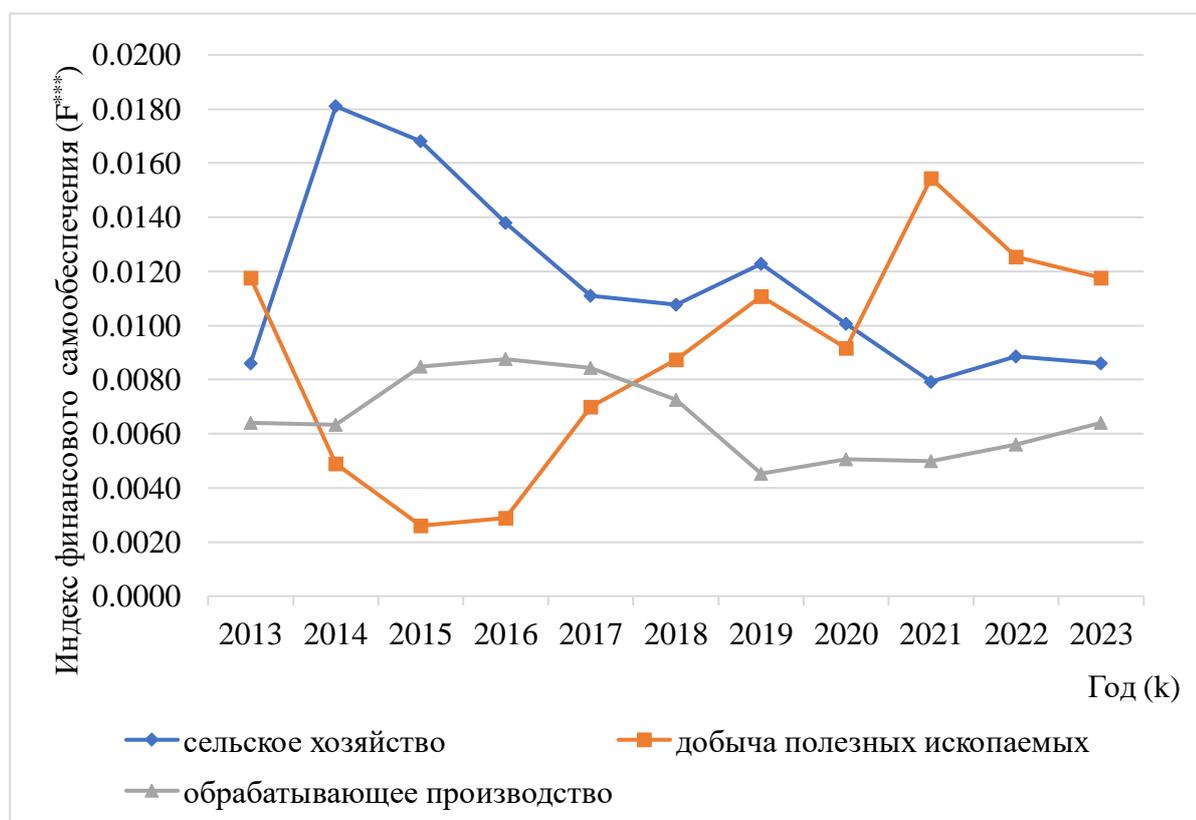


Рис. 2. Индекс финансового самообеспечения Белгородской хозяйственной системы, отражающий вклад отраслей в ВВП и формирование консолидированного бюджета

Fig. 2. Index of financial self-sufficiency of Belgorod economic system, reflecting the contribution of industries to GDP and the formation of a consolidated budget

Примечание. Расчеты автора

Индекс финансового самообеспечения от сельского хозяйства  $f_{kc}^{***}$  (медиана  $Me = 0,0108$ ; стандартное отклонение  $\sigma = 0,0034$ ) растет в год начала кризиса на фоне ослабления индекса финансового самообеспечения от добычи полезных ископаемых  $f_{kp}^{***}$ , однако долго растущий тренд этой отрасли не сохраняет. Отмечается общая тенденция снижения индекса. Это связано с новыми проблемами, с которыми сталкивается отрасль в связи с изменившейся экономической обстановкой, вызванной введением санкций иностранных государств против России в 2014 и в 2022–2023 годах. В первую очередь большое влияние оказали разрыв логистических цепей с рядом государств, дефицит семенного материала, удобрений, прекращение поставок импортной сельскохозяйственной техники и запасных частей к ней; снижение в кризисные периоды социально-экономических показателей сельских территорий приводит к оттоку рабочей силы АПК, что также негативно влияет на экономику. Для сохранения положительных тенденций выпуска и реализации сельскохозяйственной продукции Белгородской хозяйственной системе требуется импортозамещение семян, первостепенных компонентов питания и пищевых добавок для скота, которые необходимы для бесперебойного производства в агропромышленной отрасли. Кроме того, рекомендуется оказывать всяческую поддержку инвестиционным проектам, направленным на выпуск продукции высокого качества из местного сырья.

Обесценивание рубля, и, соответственно, сокращение доходов от ресурсного экспорта, снижение потребности в продукции черной металлургии приводит к ослаблению индекса финансового самообеспечения от добычи полезных ископаемых  $f_{kp}^{***}$  в условиях новых вызовов, которые сопровождают каждый новый кризис (медиана  $Me = 0,0092$ ; стандартное отклонение  $\sigma = 0,0042$ ). В первую очередь большое влияние оказывают разрыв логистических цепей с рядом государств, потеря европейских рынков сбыта, дефицит импортного оборудования и комплектующих, а также ограничение доступности передовых технологий. Однако выход национальной и глобальной экономики из кризиса неизбежно приводит к возрастанию спроса на продукцию черной металлургии – соответственно, увеличивается объем добывающего производства. Таким образом, индекс финансового самообеспечения от добычи полезных ископаемых можно считать индикатором экономической активности хозяйственных систем не только мезоуровня – регионов, но мегауровня – государств и групп государств. Однако возможное восстановление индекса финансового самообеспечения от добычи полезных ископаемых нельзя связывать только с ростом спроса, в первую очередь – со стороны импортеров продукции черной металлургии. Исследования показали, что с началом первой волны санкций произошло быстрое техническое перевооружение на горнодобывающих предприятиях Белгородской хозяйственной системы, успешно реализуются программы ресурсосбережения, цифровизации и оптимизации рабочего времени [Ершова и др., 2018; Самарина и др., 2021; Шульгина, Ермолаев, 2015.]. Это, в первую очередь, обусловлено способностью горнодобывающих предприятий быстро привлекать инвестиции и использовать средства нераспределенной прибыли для адаптации к новым вызовам и росту экономической устойчивости. График фиксирует общую тенденцию увеличения индекса, что свидетельствует об усилении роли добывающего сектора Белгородской хозяйственной системы в обеспечении экономики России.

Индекс финансового самообеспечения от обрабатывающих производств  $f_{ko}^{***}$ , в отличие от индекса добычи полезных ископаемых, всегда увеличивался в те года, когда возникали новые угрозы экономике страны: 2014–2016 гг., 2020 г., 2022–2023 гг. Как и в случае влияния на экономику хозяйственной системы, этот индекс наиболее стабилен: медиана  $Me = 0,0064$ ; стандартное отклонение  $\sigma = 0,0015$ . Это довольно благоприятный показатель, свидетельствующий об укреплении внутреннего спроса, увеличении производительности и успешного выхода на новые рынки, что важно для диверсификации экономической базы хозяйственной системы. Кроме того, это укрепление может отражать внедрение новых технологий, улучшение качества продукции и рост инвестиций в основной капитал, что является ключевым для поддержания конкурентоспособности хозяйственной системы в условиях новых вызовов.

В отличие от рассчитанного выше суммарного индекса финансового самообеспечения  $F_k^{**}$ , учитывающего вклад в региональную экономику, аналогичный индекс финансового самообеспечения  $F_k^{***}$ , учитывающий влияние на национальную экономику, более стабилен (медиана  $Me = 0,0268$ ; стандартное отклонение  $\sigma = 0,0014$ ). Это означает, что налоговые поступления в консолидированный бюджет России от сельского хозяйства, добычи полезных ископаемых и обрабатывающего производства, а также вклад этих отраслей в формирование ВВП России достаточно велики для того, чтобы экономика хозяйственной системы смогла поддерживать свое функционирование при усилении внешних вызовов.

### Заключение

Аналитические возможности разработанного и апробированного на материалах Белгородской хозяйственной системы индекса оценки финансового самообеспечения хозяйственной системы не ограничиваются только региональным уровнем. Представляется, что в случае расширения базовых методик он может способствовать формированию знаний о глобальных экономических процессах с целью проектирования структурных сдвигов в

экономике в условиях новых вызовов. В связи с этим предлагаются следующие направления развития аналитического инструментария.

Наиболее очевидное направление – расширение выборки систем в качестве объектов анализа и применение методологии исследования ко всем региональным хозяйственным системам Российской Федерации. Это позволило бы ранжировать их по способности обеспечивать рост экономической устойчивости в условиях возникновения новых вызовов, выявить дифференциацию регионов, складывающуюся в национальном экономическом пространстве и, на основе этого, формировать программы региональной поддержки.

Второе направление – расширение количества отраслей и видов экономической деятельности, по которым рассчитывается индекс. Здесь наибольший интерес могут представлять отрасли, финансовые поступления от деятельности которых в бюджет пока небольшие, но набирают темп. Вероятно, что добавление в расчеты этих видов экономической деятельности позволит повысить индикативные способности индекса финансового самообеспечения хозяйственных систем.

Третье направление – увеличение иерархии хозяйственных систем и расчет индекса финансового самообеспечения на мегауровне, в качестве объектов исследования – Российская Федерация и иные государства. Можно предположить, что укрупнение объекта исследования позволило бы выявить закономерности глобального экономического пространства, которые на малых выборках не видны. Примерами индикаторов, выявляющих пространственно-временные изменения хозяйственных систем мегауровня, может служить уже упоминавшийся индекс антихрупкости [Балацкий, Екимова, 2023; Талеб, 2014], а также индекс сложности экспорта, который, среди прочих, регулярно рассчитывается коллективным исследовательским центром университетов Тулузы и Будапешта [Center for Collective Learning, 2024]. Предложенный индекс можно использовать для определения целей и ориентиров финансового самообеспечения национальной экономики и роста ее экономической устойчивости.

Таким образом, несмотря на эвристический характер, количественные оценки и содержательные интерпретации индекса позволяют констатировать, что как аналитический инструмент он вполне применим для оценки финансового самообеспечения – одного из важнейших факторов роста экономической устойчивости региональных хозяйственных систем.

### Список источников

- Министерство финансов и бюджетной политики Белгородской области: Годовой отчет об исполнении бюджета за 2023 год. URL: <http://www.beldepfin.ru> › formirovanie-byudzheta. (дата обращения: 12.09.2024).
- Об исполнении областного бюджета за 2021 год: Закон Белгородской области от 30 июня 2022 года №200. URL: [http://ob.beldepfin.ru/dokumenty/zakon\\_ob\\_ispolnenii\\_obl\\_byudzheta](http://ob.beldepfin.ru/dokumenty/zakon_ob_ispolnenii_obl_byudzheta). (дата обращения: 12.09.2024).
- Об исполнении областного бюджета за 2022 год: Закон Белгородской области от 11 июля 2023 г. № 298. URL: [https://belduma.ru/document/laws/laws\\_detail.php?soz=7&god=2023&nom=298](https://belduma.ru/document/laws/laws_detail.php?soz=7&god=2023&nom=298). (дата обращения: 12.09.2024)
- Об исполнении областного бюджета за 2023 год: Закон Белгородской области от 2 июля 2024 г. № 392. URL: [https://belduma.ru/document/laws/laws\\_detail.php?id=2774798](https://belduma.ru/document/laws/laws_detail.php?id=2774798). (дата обращения: 12.09.2024).
- Федеральная налоговая служба: Данные по формам статистической налоговой отчетности – Белгородская область. URL: [https://www.nalog.gov.ru/rn31/related\\_activities/statistics\\_and\\_analytics/forms/](https://www.nalog.gov.ru/rn31/related_activities/statistics_and_analytics/forms/) (дата обращения: 12.09.2024).
- Федеральная служба государственной статистики: Доклад о социально-экономическом положении Белгородской области. URL: <https://rosstat.gov.ru/region/doc11114/Main.htm> (дата обращения: 12.09.2024).
- Center for Collective Learning at the University of Toulouse & Corvinus University of Budapest. URL: <https://centerforcollectivelearning.org/> (дата обращения: 12.09.2024).

### Список литературы

- Бажутова Е.А., Биев А.А., Емельянова Е.Е., Серова В.А., Серова Н.А. 2019. Социально-экономическое развитие северо-арктических территорий России. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН: 119. DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.408.2.
- Балацкий Е.В., Екимова Н.А. 2023. Антихрупкость национальной экономики: эвристическая оценка. *Journal of New Economy*, 24 (2): 28–49. DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-2-2.
- Ершова Т.Л., Бедрина С.А., Германович Ю.Г. 2018. Внедрение «умных» технологий в горнодобывающей отрасли. *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*, 4: 124–129. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-4-124-129.
- Самарина В.П., Новикова О.А., Полякова Е.Ю. 2021. Региональная экономика: Центральное Черноземье. Курск: Университетская книга: 97.
- Самарина В.П., Скуфьина Т.П., Савон Д.Ю. 2021. Комплексная оценка устойчивого развития горно-металлургических холдингов: проблемы и механизмы их разрешения. *Уголь*, 7 (1144): 20–24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.
- Склярова Е.А., Самарина В.П., Сидоров А.А. 2024. Современное состояние и актуальные проблемы развития Белгородской хозяйственной системы. *Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления*: 63–70.
- Скуфьина Т.П. 2013. Проблема асимметричности экономического развития пространства в современных исследованиях. *Фундаментальные исследования*, 10 (3): 650–652.
- Стрябкова Е.А., Герасимова Н.А., Кулик А.М., Хребтов Д.В. 2023. Отраслевая структура экономики региона: базовые характеристики, факторы формирования. *Экономика и предпринимательство*, 9 (158): 516–521.
- Тaleb Н.Н. Антихрупкость. Как извлечь выгоду из хаоса. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус. 2014. 768 с.
- Шульгина Н.П., Ермолаев Д.В. 2015. Перспективы развития горнодобывающего кластера Белгородской области на базе рудных запасов Курской магнитной аномалии. *Современные проблемы науки и образования*, 1-1: 525.
- Di Caro P. 2015. Testing and explaining economic resilience with an application to Italian regions. *Regional Science*, 96 (1): 93–113.

### References

- Bazhutova E.A., Biev A.A., Yemelyanova E.E., Serova V.A., Serova N.A. 2019. Socio-economic development of the North-Arctic territories of Russia. Apatity: Publishing house of the KSC RAS: 119 (in Russian). DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.408.2.
- Balatsky E.V., Ekimova N.A. 2023. Antifragility of the national economy: a heuristic assessment. *Journal of New Economy*, 24 (2): 28–49 (in Russian). DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-2-2.
- Ershova T.L., Bedrina S.A., Germanovich Yu.G. 2018. The introduction of "smart" technologies in the mining industry. *News of higher educational institutions. Mining Journal*, 4:124–129 (in Russian). DOI: 10.21440/0536-1028-2018-4-124-129.
- Samarina V.P., Novikova O.A., Polyakova E.Yu. 2021. Regional economy: Central Chernozem region. Kursk: University Book: 97 (in Russian).
- Samarina V.P., Skufina T.P., Savon D.Y. 2021. Comprehensive assessment of the sustainable development of mining and metallurgical holdings: problems and mechanisms for their resolution. *Coal*, 7 (1144): 20–24 (in Russian). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24.
- Sklyarova E.A., Samarina V.P., Sidorov A.A. 2024. The current state and current problems of the Belgorod economic system development. *Actual problems of development of economic entities, territories and systems of regional and municipal management*: 63–70.
- Skufina T.P. 2013. The problem of asymmetry of economic development of space in modern research. *Fundamental Research*, 10 (3):650–652 (in Russian).
- Stryabkova E.A., Gerasimova N.A., Kulik A.M., Ridges D.V. 2023. The sectoral structure of the region's economy: basic characteristics, factors of formation. *Economics and Entrepreneurship*, 9 (158):516–521 (in Russian).
- Taleb N.N. Antifragility. How to benefit from chaos. Moscow: KoLibri, ABC-Atticus. 2014. 768 p.
- Shulgina N.P., Ermolaev D.V. 2015. Prospects for the development of a mining cluster in the Belgorod region based on the ore reserves of the Kursk magnetic anomaly. *Modern Problems of Science and Education*, 1-1:525 (in Russian).



Di Caro P. 2015. Testing and explaining economic resilience with an application to Italian regions. *Regional Science*, 96 (1): 93–113.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 23.09.2024

Received September 23, 2024

Поступила после рецензирования 21.10.2024

Revised October 21, 2024

Принята к публикации 22.10.2024

Accepted October 22, 2024

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Склярова Екатерина Александровна**, аспирант, Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС», г. Старый Оскол, Россия

**Ekaterina A. Sklyarova**, Postgraduate Student, Stary Oskol Technological Institute, branch of National University of Science and Technology MISIS, Stary Oskol, Russia

УДК 338.432(470.24)

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-793-804

## Государственная региональная поддержка сельского хозяйства: практика реализации

Эльдиева Т.М., Минин Д.Л.

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого  
Россия, 173003, Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41  
E-mail: Tatiana.Eldieva@novsu.ru, Dmitry.Minin@novsu.ru

**Аннотация.** Данная статья раскрывает вопросы государственной поддержки сельского хозяйства. Авторы исследуют систему мер государственного регулирования и поддержки отрасли, выделяя прямую, косвенную, регулирующую и правовую формы. Представлены новации в механизмах оказания бюджетной поддержки, связанные с объединением компенсирующей и стимулирующей субсидии в одну единую субсидию. Это дает возможность сосредоточиться на приоритетных направлениях, касающихся всех субъектов РФ и тех направлений субсидирования, которые региональные органы управления выбирают самостоятельно. Уделено особое внимание субсидiarной и грантовой поддержке. На территории Новгородской области такая поддержка осуществляется в рамках реализации государственной программы «Развитие сельского хозяйства в Новгородской области» до 2030 года. Государственная поддержка позволила региону нарастить темпы производства животноводческой и растениеводческой продукции, выйти на новый уровень семеноводства, развивать малые формы хозяйствования. Отмечается положительный эффект действий региональных органов управления АПК в части выбора механизмов реализации государственной программы. Показана важность формирования стратегических приоритетов оказания государственной поддержки в обеспечении продовольственной безопасности страны. Выявление сильных и слабых сторон при реализации программных мероприятий позволило выйти на новые концептуальные подходы по субсидированию сельского хозяйства, что позволит повысить адресность и объективность, сделать более прозрачным и доступным процесс оказания бюджетной поддержки отрасли.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, государственная поддержка, регион, субсидии, государственная программа

**Для цитирования:** Эльдиева Т.М., Минин Д.Л. 2024. Государственная региональная поддержка сельского хозяйства: практика реализации. Экономика. Информатика, 51(4): 793–804. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-793-804

---

## State Regional Support of Agriculture: Implementation Practice

Tatiana M. Eldieva, Dmitry L. Minin

Yaroslav the Wise Novgorod State University  
41, B. Sankt-Peterburgskaya St., Veliky Novgorod 173003, Russia  
E-mail: Tatiana.Eldieva@novsu.ru, Dmitry.Minin@novsu.ru

**Abstract.** This article reveals the issues of state support for agriculture. The authors study the system of measures used for state regulation and support of the industry, distinguishing direct, indirect, regulatory, and legal forms. The article presents innovations in the mechanisms of budgetary support related to the unification of compensatory and incentive subsidies into one single subsidy. This makes it possible to focus on priority areas concerning all constituent entities of the Russian Federation and those areas of subsidising that regional governments choose independently. Special attention is paid to subsidy and grant support. In the Novgorod region, such support is provided within the framework of the state programme ‘Development of Agriculture in the Novgorod region’ until 2030. The state support allowed the region to increase the rate of livestock and crop production, to reach a new level of seed production, and to develop small-scale farming. The authors note the positive effect of the actions taken by regional agro-industrial complex

management bodies in the choice of mechanisms for implementing the state programme. The article shows the importance of forming state support strategic priorities to ensure the country's food security. The identification of strengths and weaknesses in the implementation of the programme activities has allowed the authors to come up with new conceptual approaches to subsidising agriculture, which will improve targeting and objectivity and make budget support to the industry more transparent and accessible.

**Keywords:** agriculture, state support, region, subsidies, state programme

**Для цитирования:** Eldieva T.M., Minin D.L. 2024. State Regional Support of Agriculture: Implementation Practice. Economics. Information technologies, 51(4): 793–804 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-793-804

## Введение

В современных условиях усиления международной интеграции и роста конкуренции на межгосударственном уровне государственное регулирование и поддержка аграрного сектора становятся одним из главных и приоритетных направлений экономической политики любого государства.

Годы внешнего воздействия на экономическую ситуацию в стране отразились кардинальными изменениями и в агропромышленном комплексе. Было внесено большое количество корректирующих и предупреждающих действий как сдерживающего, так и стимулирующего характера. Это был долгий путь зависимости от ввозимого продовольствия до полной самостоятельности. Началась эпоха трансформации технологических и инновационных процессов в аграрное производство, а главное возросла государственная поддержка отрасли на всех уровнях государственного управления [Буздалов, 2013]. Очевидна возрастающая необходимость реализации накопленного опыта, сохранения и преумножения достигнутого потенциала, а это возможно, прежде всего, с продуманной политикой государственной поддержки АПК.

Политика поддержки и развития аграрной отрасли как основа продовольственной безопасности страны включает в себя правовое регулирование и программно-целевые механизмы обеспечения устойчивого и сбалансированного развития всего комплекса агропродовольственных и обеспечивающих отраслей [Бондаренко, 2020]. Природное разнообразие флоры и фауны требует присутствия разнообразных механизмов государственного регулирования и поддержки сельскохозяйственной отрасли. Финансовая помощь в своей основе должна базироваться на различных экономических и финансовых инструментах, эффективность их применения будет зависеть от географических, климатических и территориальных особенностей формирования сельскохозяйственного уклада [Петриков, 2022].

## Объекты и методы исследования

В работе представлено исследование действующей системы мер государственной поддержки сельского хозяйства региона, в основу которой легли цифровые данные государственных программ развития сельского хозяйства на федеральном и региональном уровнях, отчеты органов статистики и министерства сельского хозяйства Новгородской области. Методологической базой исследования послужили материалы ведущих российских ученых, посвященные вопросам финансовой поддержки сельхозтоваропроизводителей, интервью с экспертами, специалистами и руководителями отраслевых министерств и ведомств. При сборе и обработке информации были использованы методы анализа и группировки. Для выявления ограничений и возможностей при реализации государственных программ использовалась экспертная оценка и изучение опыта. Результатом работы стало обобщение результатов реализации действующего механизма государственной поддержки и развития сельского хозяйства на региональном уровне.

## Результаты и их обсуждение

Система мер государственной поддержки аграрной сферы начала формироваться в 90-е года. С этого момента и по сей день она прошла эволюционный путь, начиная с применения сельскохозяйственного кредитования, проводимого в товарной и денежной формах, и заканчивая последующим использованием льготных программ кредитования в банках [Иовлев, Шайхутдинов, Голдина, 2020; Янбых, 2015]. Бюджет осуществлял дотационные выплаты сельхозпроизводителям, которые впоследствии были заменены на субсидирование отдельных статей затрат, связанных с возделыванием, производством и реализацией продукции. Постепенно совершенствовался механизм проведения государственных интервенционных операций [Узун, Гатаулина, Сарайкин, Карлова, 2014]. Так и в настоящее время продолжается планомерная работа по усовершенствованию существующих механизмов и введению новых форм господдержки АПК.

Законодательной основой, определяющей порядок осуществления государственной поддержки, является 264 Федеральный закон 2006 года «О развитии сельского хозяйства» с последующими изменениями и дополнениями. Впервые на законодательном уровне появились основные направления государственной поддержки отрасли. Данный закон регламентировал все возможные механизмы финансовой поддержки животноводства, растениеводства и семеноводства, раскрывал возможности обновления материально-технической базы, регламентировал мероприятия по обеспечению плодородия почв и другие направления [Голова, Блинов, 2023]. Важно отметить, что их формулировка исходила из текущих потребностей сельхозпроизводителей, прогнозов будущих периодов и необходимости поддержания продовольственной безопасности страны [Алтухов, Брылев, Турчаева, 2023].

С 2017 года дальнейшие действия Минсельхоза были направлены на приведение в соответствие количества и качества осуществляемой помощи, проводилась корректировка субсидий, предоставляемых регионам [Зубарев, 2017]. В результате в 2020 году были введены две субсидии, выполняющие компенсирующую и стимулирующую функции, которые заменили три ранее существовавшие субсидии, выделяемые на оказание несвязанной помощи на повышение продуктивности в молочном скотоводстве, и единая субсидия. Изучение всего набора поддерживаемых мер дает нам возможность акцентировать внимание на формах и механизмах, оказывающих наибольшее воздействие на сельхозпроизводителей и рынки продовольствия, которые во многом обусловлены уровнем государственной поддержки аграрного сектора экономики [Ушачев, Маслова, 2022; Shik, 2020]. Экспертное сообщество сходится в едином мнении, что существующие меры государственной помощи можно сгруппировать по четырем видам поддержки, отличительными чертами которых являются применяемые механизмы, интенсивность воздействия и степень влияния [Тихомиров, Фомин, 2024] (таблица 1).

Дальнейшая оптимизация использования федеральных средств и повышения результативности их применения привели к объединению ранее обозначенных субсидий в «объединенную», в задачу которой ставится сохранить и поддержать существующее производство, сделать его более устойчивым к неблагоприятным внешним факторам, а не стимулировать его прирост [Воробьева, Воробьев, Ковалёва, 2020].

Новая субсидия объединила в себе 12 приоритетных направлений, расчет финансирования на очередной финансовый год и плановый период происходит по 8, из них 5 устанавливаются для всех субъектов РФ [Самарина, 2021], в их число вошли:

- поддержка соответствующего уровня качественных характеристик почвы;
- сельскохозяйственное страхование;
- поддержание существующих и выведение новых сортов сельскохозяйственных культур и пород сельскохозяйственных животных;
- наращивание потенциала животноводческой отрасли;
- развитие малого и среднего бизнеса на селе.

Таблица 1  
 Table 1

Направления государственной поддержки АПК  
 Areas of state support for the agro-industrial complex

Виды поддержки			
Прямая	Косвенная	Регулирующая	Административно-правовая
Субсидии на: – доленое финансирование затрат на производство и переработку сельхозпродукции; – доленое финансирование затрат на строительство / модернизацию объектов АПК.	Льготы: – при заключении договора: лизинга, кредита, страхования; – при налогообложении и транспортировке средств производства и продукции.	Поддержка экспорта продукции АПК. Проведение закупочных и товарных интервенций. Таможенная политика.	Упрощение процедур при взаимодействии с органами надзора и контроля. Проведение мероприятий по ветеринарно-санитарному и фитосанитарному направлению. Оказание помощи в проведении сертификации продукции и предприятий.

Примечание: составлено основе информационной базы МСХ РФ.

Выбор еще трех направлений поддержки региональные органы управления осуществляют самостоятельно.

В 2024 году сумма финансирования по единой субсидии предусматривает распределение около 50 млрд рублей, из которых: на поддержку молочных хозяйств будет выделено 14,3 млрд рублей; на поддержку животноводческих хозяйств составит 7,6 млрд рублей; на формирование базы многолетних культур – 5,8 млрд рублей и развитие малых форм хозяйствования – 5,6 млрд рублей.

Дополнительно регионам выделяется более 8 млрд рублей на возмещение части затрат, направленных на создание и модернизацию объектов АПК [Смыслова, Юрова, Иванова, 2022]. Финансирование включает в себя поддержку более 100 инвестиционных проектов, которые позволят сельхозпроизводителям, занимающимся строительством и ремонтом молочных ферм, хранилищ, центров селекции и семеноводства, покрыть часть своих затрат.

По своей территории Российская Федерация – одна из крупнейших мировых держав, она занимает более 12,5 % всей суши. Сегодня Россия включает в себя более 85 административно-территориальных единиц, каждая из которых имеет свою историю развития сельского уклада, опыт ведения сельского хозяйства и практику применения и реализации государственных мер поддержки [Найданова, Полянская, Сахаровская, Цыренов, Бордоев, 2020]. Рассмотрим региональные практики применения механизмов бюджетного финансирования в виде субсидиарной и грантовой поддержки, как наиболее востребованных, на примере Новгородской области.

В Новгородской области с 2017 года целенаправленные действия по развитию сельскохозяйственной отрасли отражены и реализуются в рамках государственной программы «Развитие сельского хозяйства в Новгородской области». Обновленная Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства

Российской Федерации от 8 сентября 2022 года №2567-р, привела к актуализации региональной государственной программы на период 2024–2030 гг., которая включает в себя следующие направления:

- 1) развитие производства и переработки сельскохозяйственной продукции;
- 2) развитие крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственной кооперации;
- 3) развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения;
- 4) обеспечение общих условий функционирования отраслей сельского хозяйства.

Финансирование программы предусматривает выделение средств из всех уровней бюджетной системы с привлечением внебюджетных источников (таблица 2).

Таблица 2  
Table 2

Финансовое обеспечение государственной программы  
 «Развитие сельского хозяйства в Новгородской области», млн рублей  
 Financial Support of the State Programme  
 ‘Development of Agriculture in the Novgorod Region’, million rubles

	Годы				
	2019	2020	2021	2023	2024
Федеральный бюджет	381,1	350,0	320,9	353,8	354,1
Областной бюджет	243,1	166,4	217,7	319,7	242,0
Местный бюджет	–	–	–	235,7	–
Внебюджетные источники	206,8	208,7	323,1	134,6	694,7
Итого	831,0	725,1	861,7	1043,8	1290,8

Источник: составлено авторами на основе данных МСХ НО.

Изучая результаты работы последних лет, мы видим, что выбранная стратегия развития сельского хозяйства была правильной. Выделяя сельское хозяйство в одну из ведущих системообразующих отраслей, регион, в первую очередь, становится гарантом продовольственной безопасности, поддерживает сельскохозяйственный рынок и возрождает сельскохозяйственный уклад, обеспечивая трудовыми ресурсами сельские территории. Аграрный потенциал региона формируется за счет сельхозпроизводителей, земельных ресурсов и развитой институциональной поддержки. Сегодня в области осуществляют деятельность более 700 хозяйств различных организационно-правовых форм – это 95 малых и крупных организаций, 691 фермерское хозяйство и более 190 тысяч личных подсобных хозяйств. Доля сельского хозяйства в ВРП составляет 6 %.

Доходы сельхозтоваропроизводителей региона растут, по итогам 2023 года произведено продукции на 32,5 млрд рублей, что на 0,1 % больше по сравнению с 2021 годом (таблица 3).

Таблица 3  
Table 3

Производство сельскохозяйственной продукции (по отраслям), млн руб.  
 Agricultural production (by industry), million rubles

Показатель	Годы				
	2019	2020	2021	2022	2023
Продукция сельского хозяйства	28626,6	25700,1	28807,3	33057,5	32500,0
Растениеводство	8481,3	7821,2	9289,6	11215,1	11700,0
Животноводство	20145,3	17878,8	19517,7	21842,4	20800,0

Примечание: по итогам работы всех категорий хозяйств.

Производственные, научные и технологические мощности позволяют Новгородской области выходить в лидеры по производству сельскохозяйственной продукции. Последние годы область входит в пятерку таких регионов по Северо-Западному федеральному округу.

В общем объеме доля новгородской продукции составляет 23,4 % и 21 % по овощам и картофелю и 1,7 % по зерну. Продукция животноводческой отрасли включает 13,2 % мясной продукции, 3,2 % занимает молочная продукция и производство яиц – 1,8 %.

Долгие годы регион восстанавливал и развивал базу животноводческой отрасли, которая стала одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства. Сегодня на долю животноводческой продукции приходится более 66 % от общего объема производимой продукции. Специализацией отраслевых хозяйств выступает молочное и мясное скотоводство и птицеводство.

Новгородский регион входит в топ-15 субъектов РФ по производству мяса птицы, и это 2 место по Северо-Западному федеральному округу, уступая только Ленинградской области. По итогам 2023 года произведено более 100 тысяч тонн птицы на убой в живом весе, а поголовье птицы составило более 6 млн голов. В этом большая заслуга крупных специализированных организаций, расположенных на территории области ООО «Белгранкорм – Великий Новгород» и ООО «Новгородский бекон», которые обладают высоким уровнем механизации всех производственных процессов [Эльдиева, 2023].

Растениеводческая отрасль специализируется на выращивании зерновых и зернобобовых на фуражные цели, картофеля, овощей, льна, кормовых сельскохозяйственных культур.

Последние 10 лет в АПК прослеживается положительная тенденция при реализации политики импортозамещения, достигнутый государством статус нетто-экспортера продовольствия сохраняется по сей день. Однако достигнутый уровень омрачает тот факт, что его достижение – это скорее результат конечного звена продовольственной цепочки, нежели начального – семеноводческого материала. Семеноводческая отрасль проходит кризисный период перерождения [Хайруллина, 2023]. Поэтому селекция и генетика в сельскохозяйственной сфере становятся новыми фаворитами государственной поддержки.

Новгородская область в силу своей специализации развивает свою племенную базу и систему семеноводства, которая включает в себя:

- 5 племенных репродукторов молочного направления;
- 7 семеноводческих хозяйств, из них 5 специализируются на разведении семян картофеля и 2 – семян зерновых культур. Новгородская область полностью обеспечивает себя высококачественными семенами картофеля и зерна.

Развивается первичное семеноводство картофеля на безвирусной основе. В 2015 году в области создана первая лаборатория меристемного клонирования картофеля, в 2023 году – вторая лаборатория. В 2022 году в области произведено семеноводческими хозяйствами 470,2 тыс. штук мини-клубней картофеля (106,4 % к 2021 году).

Учитывая серьезный вклад в экономику отрасли, развитие крестьянских (фермерских) хозяйств является одним из важнейших условий обеспечения развития сельского хозяйства области.

Выделяется отдельное направление государственной поддержки фермерских хозяйств – это гранты. Для начинающих свое дело или тех, кто хочет его расширить, предусмотрена грантовая поддержка «Агростартап» в размере 1,5 млн рублей. Для наращивания производственных мощностей в животноводстве предоставляется возможность получить до 30 млн рублей в рамках гранта «Семейная ферма», позволяющая софинансировать расходы, связанные со строительством и реконструкцией ферм [Шарапова, Шарапов, Шарапова, 2022]. Для обновления технической и селекционной базы фермер может использовать до 20 млн рублей данного гранта. Грантовое финансирование осуществляется на конкурсной основе.

Хозяйства, занимающиеся разведением мясных или молочных пород животных, имеют возможность получить до 7 млн рублей на развитие. Также в 2024 году нововведением стало выделение грантовых средств на приобретение саженцев и ягодных культур [Склярова, 2019]. Продолжается движение в сторону возрождения и развития

сельскохозяйственной потребительской кооперации, для вновь созданных потребительских кооперативов предусматривается помощь в размере до 10 млн рублей. Действуют и другие гранты, например, на реализацию проектов в агротуризме.

С 2012 года осуществляется планомерная грантовая поддержка субъектов малого предпринимательства в сфере аграрного производства. За эти годы финансирование выросло в 15 раз. В 2023 году она была осуществлена на сумму 114,5 млн рублей (таблица 4). На долю крестьянских (фермерских) хозяйств в общем объеме производства по области приходится 53,5 % овощей, 51,2 % картофеля и 18,4 % молока.

Таблица 4  
 Table 4

Финансовая поддержка малых форм хозяйствования, млн руб.  
 Financial support for small-scale farming, million rubles

Год	Наименование гранта				
	Семейная ферма	Сельхоз потреб кооперация	Начинающий фермер	Агростартап	Агротуризм
2020	32,8	15,0	59,3	29,8	–
2021	41,9	44,9	–	20,4	–
2022	62,0	–	16,0	17,8	4,9
2023	87,6	20,4	–	18,9	–
Итого	194,3	80,3	75,3	76,9	4,9

Источник: составлено авторами на основе данных МСХ НО.

Финансовая поддержка со стороны государства и региона дает возможность фермерам развивать перспективные для региона направления аграрного производства. Это позволяет сохранить хозяйства в отдаленных районах области, а, следовательно, содействует укреплению сельских территорий и сохранению традиций сельского уклада в жизни новгородских деревень. Как результат проводимой политики – рост производства в КФХ по темпам опережает рост в целом по сельскому хозяйству [Эльдиева, 2023].

В то же время сохраняется и ряд проблем для дальнейшего развития сельского хозяйства области, в том числе:

- недостаточный уровень рентабельности сельхозпроизводства. Последние 5 лет демонстрируют рост средней рентабельности (по прибыли до налогообложения), которая с учетом государственной поддержки составила 3,9 %. Без государственной поддержки отрасль остается убыточной на 1,8 %. При этом для ведения расширенного воспроизводства необходима рентабельность на уровне не ниже 12,0 %;

- неиспользование потенциала земельных ресурсов (задействовано в обороте только 32 % пахотных земель);

- нехватка квалифицированных специалистов, вызванная отчасти снижением уровня жизни на территории сельских поселений (11,7% составляет доля молодых специалистов общей численности занятых в сельском хозяйстве);

- низкая вовлеченность научного и исследовательского сообщества в инновационные разработки для сельского хозяйства;

- недостаточный уровень внедрения цифровых решений в отрасль.

Принимая во внимание успешные практики и существующие проблемные зоны, власти региона, помимо участия в реализации мероприятий федеральных проектов, при разработке государственной Программы на ближайшие 2–3 года выделили ряд региональных приоритетных проектов (РПП), направленных на повышение результатов деятельности сельхозтоваропроизводителей (таблица 5).

Таблица 5  
 Table 5

Финансовое обеспечение РПП, млн руб.  
 Financial support for regional priority projects, million rubles

Наименование проекта / Источник финансового обеспечения	2024 г.	2025 г.	2026 г.
<i>РПП «Развитие семеноводства картофеля», в том числе:</i>	4,5	4,5	4,5
– областной бюджет	4,5	4,5	4,5
<i>Региональный проект «Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства», в том числе:</i>	80,6	–	–
– федеральный бюджет	78,2	–	–
– областной бюджет	2,4	–	–
<i>РПП «Цифровое сельское хозяйство», в том числе:</i>	5,2	5,2	5,2
– областной бюджет	5,2	5,2	5,2
<i>Комплекс процессных мероприятий «Кадровое обеспечение сельскохозяйственного производства и пропаганда передового опыта», в том числе:</i>	17,9	6,0	6,0
– областной бюджет	17,7	5,8	5,8
– внебюджетные источники	0,2	0,2	0,2
<i>Комплекс процессных мероприятий «Техническое оснащение и обновление парка сельскохозяйственной техники и оборудования», в том числе:</i>	144,3	144,3	144,3
– областной бюджет	36,3	36,3	36,3
– внебюджетные источники	108,0	108,0	108,0
<i>Комплекс процессных мероприятий «Обеспечение деятельности системы управления в сфере сельского хозяйства», в том числе:</i>	99,1	99,1	99,1
– областной бюджет	99,1	99,1	99,1
<b>Итого:</b>	<b>351,6</b>	<b>259,1</b>	<b>259,1</b>

Источник: составлено на основе открытых данных МСХ НО.

В результате предусмотренных мер поддержки к 2025 году планируется обеспечить товаропроизводителей до 45 % собственными семенами картофеля высоких репродукций, увеличив их производство до 8000 тонн в год. В этом году стоит задача довести уровень производства мини-клубней до 500 тыс. штук, что возможно ввиду развивающейся семеноводческой базы.

Необходимо наращивать темпы цифровизации отрасли. На ближайшие три года в планах обеспечение цифровым профилем до 80 % субъектов аграрного бизнеса и до 100 % сельскохозяйственных угодий. На сегодняшний день созданы и функционируют новые цифровые сервисы предоставления услуг, это коробочное решение «Набор будущего фермера» и УРМ 2.0 (удаленное рабочее место организаций-партнеров).

«Набор будущего фермера» позволяет получить всю информацию по принципу «одного окна». На сайте ОГАУ «ЦКИ АПК» можно найти всю необходимую информацию как начинающим сельхозпроизводителям, так и существующим. Набор сервисов включает в себя калькуляторы расчета собственных средств на все виды грантовой поддержки, шаблоны документов, методические рекомендации для заполнения и подачи заявки на грант.

Для поиска партнеров (поставщиков, подрядчиков) по всем направлениям экономической деятельности для получения смежных услуг разработан цифровой сервис

УРМ 2.0, куда любой сельхозпроизводитель может подать заявку и заключить договора на оказание услуг по кредитованию, страхованию, приобретению техники и т. д.

Продолжается работа по привлечению молодежи в отрасль. В рамках реализации мероприятий «Кадровое обеспечение сельскохозяйственного производства и пропаганда передового опыта» предоставляются субсидии на компенсацию затрат на обучение, переподготовку и повышение квалификации кадров, а также на проведение научно-исследовательских работ прикладного характера. Традиционно ежегодно проводятся форсайт-кемпы для будущих специалистов агропромышленного комплекса, дающие возможность молодым людям в командной работе подумать над развитием сельского хозяйства своего региона, предложить свои идеи и разработать методы их реализации. Также с 2023 года запущен новый цикл мероприятий для студентов профильных организаций СПО – агротрек «БизнесПРО», который позволяет студентам освоить навыки командной работы при работе над бизнес-проектом, от идеи до реализации.

Рассмотренные меры государственной поддержки и опыт их использования позволил выявить как сильные стороны, так «узкие места» их применения. Дальнейшее развитие сельского хозяйства области, по нашему мнению, невозможно без более адресного подхода к распределению субсидий, с этой целью региональным регуляторам необходимо продумать возможность проведения мероприятий по:

- системному анализу деятельности всех агроформирований для выявления уровня доходности, объемов производства и имеющихся трудовых ресурсов;
- выделению приоритетной специализации как в сельхозорганизации, так и на территории ее функционирования;
- разделению районов по составу (плодородию) почв.

Данные действия позволят более четко выявлять потребности среди получателей субсидий, расставляя приоритеты их реализации.

При этом особое внимание следует уделять формам хозяйствования, работающим в районах с низким уровнем мелиорации земель (41 % мелиорированных сельхозугодий находятся в неудовлетворительном состоянии), что не позволяет им выходить на полные производственные мощности.

Кроме того, необходимо поддерживать тех аграриев, кто выходит за рамки только организации сельскохозяйственного производства. Тех, кто своими действиями восстанавливают сельский уклад региона, обеспечивают рабочими местами, занимаются благоустройством сельских территорий и улучшают качество жизни его населения.

### Заключение

Трудности, которые преподносит экономическая и политическая ситуация, меняющийся климат, демографический кризис и многие другие, не являются непреодолимыми. Они позволяют не стоять на месте, выработать новые механизмы борьбы и направления поддержки [Дзудцова, 2019]. Сегодня разработанные меры государственной поддержки сельского хозяйства включают достаточный инструментарий для развития аграрного производства. Вместе с тем важно помнить о социальной, экономической и экологической роли сельскохозяйственного производства и его ответственности перед потребителем.

С учетом стоящих перед отраслью задач и достижения поставленных целей необходимо продумать соответствие принятых решений с выделяемыми финансовыми ресурсами. А процедура доведения и распределения бюджетных средств должна быть прозрачна и предсказуема, что позволит создать базу для долгосрочного планирования, насыщения внутреннего продовольственного рынка и продовольственной безопасности страны.

### Список источников

- Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 29.12.2006 №264-ФЗ.  
Государственная программа «Развитие сельского хозяйства в Новгородской области»  
Постановление Правительства Новгородской области № 627 от 28.12.2023.  
Министерство сельского хозяйства Новгородской области. URL: <https://mincx.novreg.ru/> (дата обращения 18.06.2024).

### Список литературы

- Алтухов А.И. 2023. Особенности обеспечения продовольственной безопасности России в условиях санкционного давления. Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве, 4: 5–17.
- Брылев А.А., Турчаева И.Н. 2023. Методическое сопровождение государственной поддержки сельского хозяйства. АПК: экономика, управление, 11: 90–100.
- Буздатов И. Н. 2013. Господдержка сельского хозяйства и перекачка: запредельный дисбаланс и последствия. Экономическая наука современной России, 4: 94–104.
- Бондаренко Ю.П. 2020. Оценка государственного субсидирования сельского хозяйства. Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий, 8: 55–61.
- Воробьева Е.С., Воробьев О.В., Ковалёва А.Е. 2020. Развитие сельского хозяйства и меры поддержки сельхозтоваропроизводителей в регионах ЦФО. Международный сельскохозяйственный журнал, 1(373): 33–36.
- Голова Е.Е., Блинов О.А. 2023. Государственная поддержка сельского хозяйства в условиях геополитических вызовов. Экономика, предпринимательство и право, Т. 13, 9: 3555–3576.
- Дзудцова И.И. 2019. Механизмы государственной поддержки агропромышленного комплекса. Региональные проблемы преобразования экономики, 11: 51–56.
- Зубарев И.С. 2017. Анализ государственной поддержки аграрных формирований как элемента достижения финансовой независимости. Агропродовольственная экономика, 5: 55–60.
- Иовлев Г.А., Шайхутдинов Ф.Р., Голдина И.И. 2020. Государственная поддержка сельского хозяйства России и регионов: исторический аспект и современные реалии. Технический сервис машин, 2(139): 171–185.
- Найданова Э.Б., Полянская Н.М., Сахаровская Е.Ц., Цыренов А.Р., Бордоев Д.Г. 2020. Современное состояние и эффективность государственной поддержки сельского хозяйства региона (на материалах Республики Бурятия). Вестник Евразийской науки. 2. URL: <https://esj.today/PDF/54ECVN220.pdf> (дата обращения 18.06.2024).
- Петриков А.В. 2022. Стратегические направления совершенствования аграрной политики России в условиях санкционного давления. Научные труды Вольного экономического общества России, Т. 235, 3: 122–133.
- Самарина В.П. 2021. Обзор методов государственной поддержки агропромышленного комплекса и перспективы сельскохозяйственного производства в условиях нового кризиса. Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2 (69): 81–102.
- Склярова Ю.М., Скляров И.Ю., Латышева Л.А. 2019. Государственная поддержка сельского хозяйства регионов России: особенности и практика реализации. Экономика сельского хозяйства России, 2: 2–7.
- Смыслова О.Ю., Юрова П.Н., Иванова А.А. 2022. Особенности развития аграрного производства в России в современных условиях. Фундаментальные исследования, 10: 96–104.
- Тихомиров А.И, Фомин А.А. 2024. Государственная поддержка АПК России: основные тенденции и социально-экономическое значение. Международный сельскохозяйственный журнал, Т. 67, 2 (398): 121–125.
- Узун В.Я., Гатаулина Е.А., Сарайкин В.А., Карлова Н.А. 2014. Методы оценки влияния аграрной политики на развитие сельского хозяйства. М. 114 с.
- Ушачев И.Г., Маслова В.В. 2022. Научные подходы к совершенствованию государственного регулирования АПК на современном этапе. АПК: экономика, управление, 4: 3–10.
- Хайруллина О.И. 2023. Анализ современного состояния государственной поддержки сельскохозяйственных производителей. Продовольственная политика и безопасность, Т. 10, 4: 629–644.
- Шарапова Н.В., Шарапов Ю.В., Шарапова В.М. 2022. Инструменты господдержки отрасли растениеводства. Экономика и предпринимательство, 11: 55–58.

- Эльдиева Т.М. 2023. Устойчивое развитие сельскохозяйственного потенциала региона (опыт Новгородской области). *Journal of Agriculture and Environment*, 12 (40). <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.17>
- Янбых Р. Г. 2015. Поддержка сельского хозяйства в России и ЕС: Такие ли мы разные? *Экономика сельского хозяйства России*, 3: 87–93.
- Shik O.V. 2020. Public expenditure for agricultural sector in Russia: Does it promote growth? *Russian Journal of Economics*, 6(1): 42–55.

## References

- Altukhov A.I. 2023. Features of ensuring food security of Russia in the conditions of sanctions pressure. *Economics, labour, management in agriculture*, 4: 5–17 (in Russian).
- Brylev A.A., Turchaeva I.N. 2023. Methodological support of the state support of agriculture. *AIC: economy, management*, 11: 90–100 (in Russian).
- Buzdalov I. N. 2013. State support of agriculture and pumping: prohibitive imbalance and consequences. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii [Economic science of modern Russia]*, 4: 94–104.
- Bondarenko Y.P. 2020. Evaluation of state subsidisation of agriculture. *Economics of Agriculture and Processing Enterprises*, 8: 55–61 (in Russian).
- Vorobyova E.S., Vorobyov O.V., Kovalyova A.E. 2020. Development of agriculture and measures to support agricultural producers in the regions of the Central Federal District. *International Agricultural Journal*, 1(373): 33–36 (in Russian).
- Golova E.E., Blinov O.A. 2023. State support of agriculture in the conditions of geopolitical challenges. *Economics, Entrepreneurship and Law*, Vol. 13, 9: 3555–3576 (in Russian).
- Dzudtsova I.I. 2019. Mechanisms of state support of agro-industrial complex. *Regional problems of economic transformation*, 11: 51–56 (in Russian).
- Zubarev, I.S. 2017. Analysis of state support of agrarian formations as an element of achieving financial independence. *Agrofood Economics*, 5: 55–60 (in Russian).
- Iovlev G.A., Shaykhtudinov F.R., Goldina I.I. 2020. State support of agriculture in Russia and regions: historical aspect and modern realities. *Technical service of machines*, 2(139): 171–185 (in Russian).
- Naidanova E.B., Polyanskaya N.M., Sakharovskaya E.C., Tsyrenov A.R., Bordojev D.G. 2020. Current state and effectiveness of state support of regional agriculture (on the materials of the Republic of Buryatia). *Bulletin of Eurasian Science*, 2 (in Russian). URL: <https://esj.today/PDF/54ECVN220.pdf> (date of application 18.06.2024).
- Petrikov A.V. 2022. Strategic directions of improving the agrarian policy of Russia in the conditions of sanctions pressure. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, Vol. 235, 3: 122–133 (in Russian).
- Samarina V.P. 2021. Review of methods of state support of agro-industrial complex and prospects of agricultural production in the conditions of a new crisis. *Bulletin of Voronezh State Agrarian University*, 2 (69): 81–102 (in Russian).
- Sklyarova Y.M., Sklyarov I.Y., Latysheva L.A. 2019. State support of agriculture of Russian regions: features and practice of realisation. *Economics of agriculture of Russia*, 2: 2–7 (in Russian).
- Smyslova O.Y., Yurova P.N., Ivanova A.A. 2022. Features of development of agrarian production in Russia in modern conditions. *Fundamental Research*, 10: 96–104 (in Russian).
- Tikhomirov A.I., Fomin A.A. 2024. State support of the agro-industrial complex of Russia: main trends and socio-economic significance. *International Agricultural Journal*, Vol. 67, 2 (398): 121–125 (in Russian).
- Uzun V. Ya., Gataulina E. A., Saraikin V. A., Karlova N. A. 2014. Methods for assessing the impact of agrarian policy on the development of agriculture. M. 114 p (in Russian).
- Ushachev I.G., Maslova V.V. 2022. Scientific approaches to improving the state regulation of AIC at the present stage. *AIC: economy, management*, 4: 3–10 (in Russian).
- Khairullina O.I. 2023. Analysis of the current state of state support of agricultural producers. *Food Policy and Security*, Vol. 10, 4: 629–644 (in Russian).
- Sharapova N.V., Sharapov Y.V., Sharapova V.M. 2022. Instruments of state support of the crop production industry. *Economics and Entrepreneurship*, 11: 55–58 (in Russian).
- Eldieva T.M. 2023. Sustainable development of the agricultural potential of the region (experience of the Novgorod region). *Journal of Agriculture and Environment*, 12 (40) (in Russian). <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.17>



- Yanbykh R.G. 2015. Agricultural support in Russia and the EU: Are we so different? *Economics of Agriculture in Russia*, 3: 87–93 (in Russian).
- Shik O.V. 2020. Public expenditure for agricultural sector in Russia: Does it promote growth? *Russian Journal of Economics*, 6(1): 42–55.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 03.09.2024

Received September 03, 2024

Поступила после рецензирования 25.10.2024

Revised October 25, 2024

Принята к публикации 29.10.2024

Accepted October 29, 2024

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Эльдиева Татьяна Махмутовна**, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры цифровой экономики и управления, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Россия

**Tatiana M. Eldieva**, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Digital Economics and Management, Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

**Минин Дмитрий Леонидович**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры цифровой экономики и управления, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Россия

**Dmitry L. Minin**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Digital Economy and Management, Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

# ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 332.1

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-805-813

## Анализ тенденций глобального энергоперехода и его влияния на развитие промышленности

<sup>1</sup>Авилова В.В., <sup>2</sup>Владыка М.В.

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет  
Россия, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

<sup>2</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
Россия, 308015, Белгородская область, г. Белгород, ул. Победы, д. 85  
E-mail: avilovavv@mail.ru, vladyka@bsuedu.ru

**Аннотация.** Целью исследования является анализ протекающего в глобальном масштабе и на уровне отдельных регионов процесса энергоперехода, обоснованность концепции ускоренного распространения альтернативных источников энергии для нашей страны, обладающей мощной ресурсной базой, выбор оптимальных видов генерации на основе сопоставления преимуществ и недостатков возобновляемых ресурсов. Для выработки стратегии развития энергетического комплекса важен баланс между инновационностью альтернативных технологий, экологической чистотой, отсутствием зависимости от природного потенциала, с одной стороны, и дороговизной эксплуатации для промышленных предприятий в сочетании с высоким уровнем рисков, с другой. Мировой рост объемов промышленного производства, составляющий около 3,2 % в год, послужил причиной опережающего роста энергопотребления, оцениваемого в размере ежегодного роста на 5 % и сочетающегося с изменениями структуры мировой энергосистемы. Применяемыми методами исследования являются экосистемный, структурно-логический, методы экспертных оценок, системный, прогнозный. Результаты исследования могут использоваться при выработке программ развития промышленного комплекса в целом и его взаимовлияния с энергетическим блоком для определения потенциальных точек роста новых видов энергогенерации, объемах их применения, оптимальных для каждого региона видах. Научная новизна исследования заключается в выборе инновационных драйверов развития промышленности за счет применения новых производственных ресурсов в области альтернативных источников энергии и обоснования конфигурации обеспечивающей их инфраструктуры на мезоуровне. Практическое значение может иметь система рекомендаций, выработанных для региональных властей по обоснованному распространению видов и масштабов возобновляемых источников энергии исходя из специфики регионов.

**Ключевые слова:** промышленный комплекс в условиях энергоперехода, риски и преимущества альтернативной энергетики, выбор возобновляемых энергоресурсов на мезоуровне

**Для цитирования:** Авилова В.В., Владыка М.В. 2024. Анализ тенденций глобального энергоперехода и его влияния на развитие промышленности. Экономика. Информатика, 51(4): 805–813. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-805-813

## Analysis into the Trends of Global Energy Transition and Its Impact on Industrial Development

<sup>1</sup>Vilora V. Avilova, <sup>2</sup>Marina V. Vladyka

<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University  
68 K. Marx St, Kazan, Tatarstan, 420015, Russia

<sup>2</sup>Belgorod State National Research University  
85 Pobedy St., Belgorod, Belgorod Region, 308015, Russia  
E-mail: avilovavv@mail.ru, vladyka@bsuedu.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to analyze the ongoing global and regional energy transition process, to validate the concept of accelerated expansion of alternative energy sources for our country which has a powerful resource base, and to choose optimal power generation types based on a comparison of the advantages and disadvantages of renewable resources. To work out a strategy for the development of the energy complex, it is important to strike a balance between the innovativeness of alternative technologies, environmental friendliness, and nondependence on nature's potential, on the one hand, and the high cost of operation for industrial enterprises combined with a high level of risks, on the other. The global growth in industrial production, amounting to about 3.2 % per year, has caused an accelerated growth in energy consumption, estimated at an annual growth of 5 % and combined with changes in the structure of the global energy system. The research methods used include the ecosystemic one, structural and logical methods, expert assessment method, the systemic method, and forecasting. The results of the study can be used in designing programs for the development of the industrial complex as a whole and its interaction with the energy sector to determine potential growth points for new types of energy generation, the volumes of their application, and the types that are optimal for each region. The scientific novelty of the study lies in the selection of innovative drivers for industrial development through the use of new production resources in the field of alternative energy sources and the justification of the configuration of the infrastructure that provides them at the meso level. A system of recommendations on justified distribution of types and scale of renewable energy sources has been developed for regional authorities, which is based on the regions' specifics and holds a practical significance.

**Keywords:** industrial complex in the context of energy transition, risks and advantages of alternative energy, choice of renewable energy resources at the meso level

**For citation:** Avilova V.V., Vladyka M.V. 2024. Analysis into the Trends of Global Energy Transition and Its Impact on Industrial Development. Economics. Information technologies, 51(4): 805–813 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-805-813

---

### Введение

Промышленность, являясь основным потребителем энергоресурсов, входит в область тотального перехода на новые виды их генерации, порождая процессы увеличения удельного веса инновационных источников энергии при сокращении доли традиционных. Но при изменении соотношения видов внутри энергосистемы мировое потребление традиционных основных источников – угля, нефти и газа, продолжает доминировать в глобальном масштабе, что иллюстрирует рис. 1 [Friedlingstein, 2019].

Тем не менее анализ происходящих процессов позволяет говорить о прохождении 4-го энергоперехода, то есть об изменении состояния всей энергетической системы, а не только о появлении новых видов генерации или совершенствовании отдельных технологий. Основными предпосылками структурных сдвигов являются необходимость минимизации климатических изменений, снижения зависимости от природных ресурсов, используемых в производстве, вхождение в фазу построения нового технологического уклада, ярко проявляющегося в топливно-энергетической сфере, где внедряются новые технологии, стандарты и принципы работы [Авилова, 2021]. Глобальный энергопереход ориентирован на реализацию дополнительных возможностей устойчивого роста в течении длительного периода, например, таких как распределенный доступ к важнейшим факторам производства

для широкого круга пользователей за счет использования альтернативных источников энергии. Технологические инновации в исследуемой отрасли внедряются с нарастающими темпами, и эта тенденция проявляется длительное время. Мировое энергетическое агентство приводит следующие данные: в 2020 году удельный вес альтернативной энергетики составил 289 Вт, то есть 45 % мирового энергетического рынка. В том же году государства, входящие в Евросоюз, 37 % энергоресурсов производили на основе угля и газа, а 38 % получали за счет возобновляемых источников [Меджидова, 2021]. Из рис. 2 следует, что наиболее перспективные возобновляемые источники энергии (биотопливо, энергия из отходов, ветровая, солнечная) имеют большой потенциал развития, но пока находятся в начальной стадии использования.

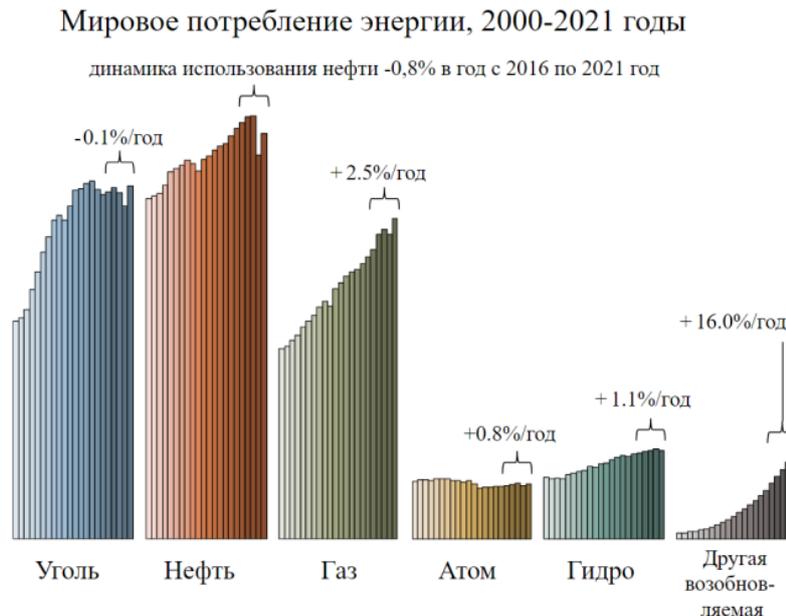


Рис. 1. График мирового энергетического баланса  
 Fig. 1. The world energy balance chart



Рис. 2. Структура мировых источников электроэнергии  
 Fig. 2. Structure of the world electricity sources

Перелом на глобальном энергетическом рынке датируется 2008 годом. В этот период вложения в добычу нефти и угля составили 110 млрд долларов, а в развитие возобновляемых источников энергии – 140 млрд долларов. В рамках глобальных масштабов энергоперехода его распространение по группам государств весьма неравномерно [Авилова, 2023]. Лидируют по переходу на альтернативную энергетику страны Евросоюза, инвестировавшие в нее 50 млрд долларов, затем следуют США с 30 млрд долларов. С большим отрывом третье место занимает КНР (15,6 млрд долларов). Четвертое место принадлежит Индии с 4,1 млрд долларов. Данная структура инвестиций определила и пропорции на энергетических рынках отдельных стран, среди которых лидирует по удельному весу инновационных энергоресурсов ФРГ (56 %). В то же время мировой прирост мощностей возобновляемых источников энергии на 40 % обеспечивается одним государством – Китаем. Более того, эта страна наращивает собственное машиностроение, предназначенное для изготовления оборудования для солнечной и ветряной энергетики [Пискулова, 2022]. Промышленный комплекс в индустриально развитых государствах активизирует систему инноваций, складывающуюся не только из развития новых видов генерации, но и из совершенствования классических технологий. Инновации, связанные с альтернативной энергетикой, имеют следующие ориентиры: удешевление производства энергии, снижение затрат при ее использовании, возможность увеличения мощностей, минимизация всех видов рисков (экологических, климатических, технологических, финансовых), появление новых видов и обоснованный выбор из них наиболее адекватных ресурсной базе отдельных регионов. В научном понятийном обороте описание происходящих трансформаций связывается с понятиями устойчивой и зеленой энергетики в связи с проникновением альтернативных источников энергии в промышленность и в потребительский сектор. В то же время альтернативная энергетика должна удовлетворять и общим требованиям, предъявляемым к энергогенерации [Шапсугова, 2021]. Это бесперебойность, надежность, доступность, способность концентрировать мощности при реализации крупных проектов, предсказуемость финансовых результатов. Важным является требование встраивания в национальные и даже международные системы, которые становятся все более взаимосвязанными, содержащими дополняющие друг друга элементы. Включенность экономики Российской Федерации в глобальные мировые процессы делает безальтернативной стратегию осуществления 4-го энергоперехода [Голов, 2022]. В то же время 2 отличительные особенности нашей страны – богатство природными ресурсами и дифференциация развития отдельных регионов – ставят перед экономической наукой вопрос о выборе драйверов инновационного развития в этой сфере и оптимальных масштабах и темпах запуска новых видов генерации [«Татнефть» еще верит в энергопереход]. Материал табл. 1 иллюстрирует отставание российской энергетики от мировых лидеров по использованию возобновляемых источников энергии.

Таблица 1  
 Table 1

Мощность и выработка возобновляемых источников энергии (ВИЭ)  
 в России по итогам 2022 года  
 Electric power industry and production of renewable energy sources (RES)  
 in Russia at the end of 2022

Установленная мощность электростанций, ГВт	247,6
Мощность объектов ВИЭ-генерации, ГВт	5,78
Доля ВИЭ в энергосистеме, %	2,3
Генерация, кВт/ч	$1,167 \cdot 10^{12}$
ВИЭ-генерация, кВт/ч	$7,7 \cdot 10^9$
Доля ВИЭ в объеме генерации, %	0,66

В структуре возобновляемых источников энергии прослеживается большой потенциал распространение малых ГЭС, признанных перспективным ресурсом энергогенерации, что отражено в материале табл. 2.

Таблица 2  
Table 2

Структура мощности возобновляемых источников энергии в России в 2022 году  
Structure of renewable energy sources in Russia in 2022

Ветряные электростанции, ГВт	2,3
Электростанции на основе биомассы, биогаза, свалочного газа, энергии приливов и геотермальной энергии, МВт	>100
Солнечные электростанции, ГВт	2,1
Малые ГЭС, ГВт	1,2

Данная деятельность в настоящее время сосредоточена на уровне регионов и крупнейших компаний. В этой связи важен анализ лучших региональных практик с последующими рекомендациями о возможности их переноса на другие территории, исходя из специфики ресурсной, производственной, кадровой и научной базы [Перская, 2022].

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования является формирующийся инновационный инфраструктурный контур, сопровождающий развитие новых видов энергогенерации и их вхождение в промышленный процесс. Наполняющие его элементы содержат региональную специфику, а их иерархия демонстрирует динамичное видоизменение под влиянием научных разработок, позволяющих как совершенствовать традиционные технологии, так и апробировать прорывные. В этой связи для комплексного исследования целесообразно применять экосистемный метод, позволяющий оценить как общий энергетический ландшафт и его влияние на развитие промышленности, так и выделить точки роста, а также меры их поддержки. Для этого применялись также методы системного анализа, метод экспертных оценок, прогнозный, структурно-логический и другие. Классическая трактовка экосистемного развития строится на предположении о возможности поэтапного саморегулирования и совершенствования наполнения крупномасштабных организационных структур, к которым могут относиться и целые отрасли. Перечисленные процессы выявляются и в инфраструктуре промышленного комплекса, в частности, в развитии энергетических ресурсов.

### Результаты и их обсуждение

Представляется, что инновационными драйверами, обеспечивающими проведение энергоперехода в Российской Федерации, являются 2 вида экономических агентов – региональные органы управления и крупные компании. Функции между ними целесообразно распределить следующим образом – разработку конфигурации инфраструктуры на мезоуровне и ее наполнение закрепить за управленческими органами, а создание собственно источников альтернативной энергии и их использование в промышленности делегировать ведущим предприятиям регионов. Ярким примером создания объектов альтернативной энергетики крупнейшей компанией Республики Татарстан является программа строительства 3 ветропарков ПАО «Татнефть». Сам факт вхождения в сферу альтернативной энергетики корпорацией, сосредотачивающей в своих руках добычу и переработку нефти в крупных масштабах, свидетельствует о стратегии диверсификации бизнеса в направлении углеродной нейтральности. ПАО «Татнефть» запланировала построить ветропарки в трех районах республики – Спасском, Камско-Устьинским и Рыбно-Слободском. Проведенный в

Татарстане мониторинг ветроизмерения выявил именно на указанных территориях наличие «коммерческого ветра» и целесообразность развития альтернативной энергетики именно здесь. ПАО «Татнефть» провела анализ логистической и сопутствующей инфраструктуры, среднегодовой скорости ветра. Мощность запланированных объектов составит от 50 до 75 МВт. На эти цели компания заложила инвестиции в размере 19 миллиардов рублей. Этот проект является пилотным для реализации достижения ПАО «Татнефть» углеродной нейтральности к 2050 году, о чем заявлено в стратегии фирмы. На втором этапе нефтяники планируют строительство ветровых электростанций мощностью в 900 МВт в других регионах Российской Федерации и даже в ряде дружественных государств, прежде всего, в Казахстане, где татарстанцы построили шинное производство. Кроме того, компания озвучила планы строительства малых ветряков по 12 МВт. Таким образом, ветрогенерацию планируется развивать как в автономном, так и в сетевом режиме на основе применения «умных» сетей. Именно ПАО «Татнефть» заявляется от Татарстана на отбор в конкурсе госпрограммы стимулирования развития генерации из возобновляемых источников энергии ДПМ ВИЭ 2.0. Основной причиной инвестиций компании в альтернативную энергетику является то, что 50 % ее продукции экспортируется, а международные требования к экологическому регулированию ужесточаются. Эти процессы усиливаются и в государствах Азиатско-Тихоокеанского региона, куда и направляется большая часть продукции ПАО «Татнефть». Требования упомянутого выше конкурса предусматривают высокую степень локализации применяемой техники. Пороговое значение ее доли составляет 87 баллов. Компания приняла радикальное решение – отказаться от использования зарубежных технологий и разработать отечественную интеллектуальную собственность, запросив у правительства субсидии на проведение научно-исследовательских работ [Патент № 2660744, 2016]. Вторым радикальным решением стал старт собственного изготовления оборудования для альтернативной энергетики, которое до введения санкций на территории России производили датская компания Vestas и немецкая Siemens. В результате компания создаст собственное производство, охватывающее все стадии технологической цепочки, что обеспечит ее неуязвимость для санкционных рисков [Якунин, 2022]. По оценкам экспертов, данный проект обеспечит рост машиностроительной промышленности страны. В настоящее время анализ выявил, что создание отечественной интеллектуальной собственности потребует для запуска инновационных источников энергии 3–5 лет, а при условии приобретения зарубежных патентов – 2–3 года. Республика Татарстан выбрала 1 вариант сценария, позволяющий добиться технологического суверенитета в важнейшей сфере за счет использования потенциала такого инновационного драйвера реальных проектов, как крупнейшая компания региона.

Важнейшим условием внедрения в промышленность альтернативных источников энергии является формирование властями инновационной инфраструктуры на основе выбора адекватных потенциалу региона ее особенностей. Скажем, атомную энергетику в Российской Федерации нельзя развивать равномерно по всем территориям из-за географического положения регионов и различия их климатических условий. Правительство страны, начиная с августа 2021 года, когда была утверждена концепция развития водородной энергетики, поддерживает регионы и компании, внедряющиеся в эту сферу. На среднесрочную и на долгосрочную перспективу концепция определяет меры по созданию соответствующей отрасли, инициативы, цели, конфигурацию профильных кластеров, пилотные проекты по производству водорода. Поддерживается создание производств и запуск инновационных технологий, позволяющих применять этот ресурс в различных отраслях промышленности [Salikhov, 2020]. Результатом реализации концепции должно стать формирование новой отрасли – водородной энергетики, ориентированной не только на внутренний спрос, но и на экспорт с перспективой получения 20 % доли мирового рынка водородной энергии. Для достижения данного результата намечены меры по стимулированию инвестиций в создание источников водородной генерации [Вахитов, 2013].

В большинстве регионов нашей страны в настоящее время трендом развития выбраны водородная и атомная энергетика. Главным преимуществом их по сравнению с прочими видами генерации являются неисчерпаемость ресурсной базы. Вторым по значимости достоинством является небольшой экологический вред [Лаврикова, 2022]. В то же время промышленное производство водорода пока проходит только свою начальную фазу, сопряженную со значительной себестоимостью энергии. Более того, используемые технологии потребляют больше энергии, чем получается при ее использовании, что означает применимость водорода в качестве средства для доставки энергии и ее хранения, но не ее источника. Ведущиеся в сфере водородной энергетики научные исследования позволили экспертам дать прогностическую оценку на перспективу, согласно которой в 2050 году удельный вес потребляемой водородной энергии составит 18 % мирового рынка. В этих условиях достижение технологического суверенитета предполагает форсирование научно-исследовательских работ по водородной энергетике, строительство первых профильных комплексов [Салихов, 2022].

Правительство Республики Татарстан приступило к реализации инновационного для России проекта в данной сфере. Намечено строительство первой комбинированной электростанции, генерирующей как водородную, так и атомную энергию. Инициатива такого решения, выбор разработчиков интеллектуальной собственности, оценка эффектов и рисков принадлежат руководству региона. Водородная энергетика Татарстана демонстрирует успешное развитие. Так, 23 сентября 2024 года на судостроительном заводе города Зеленодольска было спущено первое в республике водородное судно. Вдоль новой трассы М-12 устанавливаются заправки для автомобилей, работающие на водородном топливе. Для развития инфраструктуры альтернативной энергетики наряду с общим руководством ведется мощная работа по поддержке научных исследований, подготовке кадров, внедрению цифровых решений, разрабатываемых в созданных ИТ-парках. Кроме научных разработок, проводимых Казанским энергетическим университетом, нефтяники республики учатся производить водород под землей в ходе добычи нефти и транспортировать по уже существующей системе трубопроводов. Ученые Казанского аграрного университета разработали экономически выгодный и экологически чистый способ производства биоводорода из соломы. Внедрение этого способа не только позволит уменьшить использование невозобновляемых природных ресурсов, но и решит проблему утилизации сельскохозяйственных отходов, снизив нагрузку на окружающую среду.

### Заключение

Развитие альтернативной энергетики представляет собой сформировавшийся тренд построения нового технологического уклада. Для его реализации важен выбор эффективных драйверов инновационного развития с наделением их конкретными задачами. Дифференциация условий регионального развития Российской Федерации и различие потенциала отдельных территорий приводят к выводу о необходимости делегирования полномочий по реализации проектов на уровень субъектов Федерации. При этом конфигурация инфраструктуры инновационной энергосистемы должна выполняться местными органами власти, включая поддержку в создании отечественной интеллектуальной собственности в этой сфере, локализации производства энергетического оборудования, отбора мест дислокации новых объектов по объективным критериям, выработку мер стимулирования, формирования потребительских предпочтений при выборе энергоресурсов, подготовке кадров, обеспечении передового цифрового сопровождения [Голов, 2023]. Необходимо подчеркнуть, что наработанный региональный опыт не всегда транспарентен, а передовые практики в основном носят уникальный характер.

Реальные проекты в сфере альтернативной энергетики осуществляются крупнейшими компаниями с целью достижения устойчивого развития на длительную перспективу и поддержания конкурентоспособности на внешних рынках, ужесточающих экологические и

климатические требования к игрокам. Примеры диверсификации нефтяными компаниями своего бизнеса в сферу альтернативной энергетики ПАО «Татнефти», Лукойла, Газпрома связаны с тем, что эффективность производства и потребления энергоресурсов является важнейшим фактором роста национальных экономик и влияют на качество жизни населения.

### Список источников

Патент № 2660744 Российская Федерация, МПК F04B 17/04. Поршневый насос (изобретение): № 2016127671: заявл. 08.07.2016 / М. Р. Вахитов, М. Г. Кузнецов, Е. Ю. Ермакова [и др.]; заявитель Казанский государственный аграрный университет.  
«Татнефть» еще верит в энергопереход. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/586477#comments586477> (дата обращения: 03.09.2024).

### Список литературы

- Авилова В.В., Вахитов М.Р. 2021. Инновационная трансформация промышленности на принципах циркулярной экономики: монография. Казань: Изд-во «Печать – Сервис XXI век», 87 с.
- Авилова В.В., Вахитов М.Р. 2023. Развитие промышленного потенциала России на основе принципов декарбонизации и технологического суверенитета в условиях новой климатической доктрины: монография. Казань: Изд-во «Печать – Сервис XXI век», 89 с.
- Вахитов М.Р., Шуваева Г.П., Николаев А. Н. 2013. Очистка газовых выбросов в аппаратах с пористым вращающимся распылителем. Вестник Казанского технологического университета, 16(1): 187–189.
- Голов Р.С., Мыльник А.В. 2023. Основные направления развития концепции «Энергопереход 4.0» в условиях современного промышленного производства. СТИН, 1: 50–52.
- Голов Р.С. 2022. Теоретические основы реализации концепции «Энергопереход 4.0» в сфере российской промышленности. Научные труды Вольного экономического общества России, 233(1): 199–210. DOI 10.38197/2072-2060-2022-233-1-199-210.
- Лаврикова Ю.Г., Бучинская О.Н., Вегнер-Козлова Е.О. 2022. Зеленый энергопереход российской промышленности: барьеры и пути преодоления. AlterEconomics, 19(4): 638–662. DOI 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5.
- Меджидова Д.Д. 2021. Энергопереход и трансформация специфичности европейского газового рынка. Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика, 16(3): 161–182. DOI 10.17323/1996-7845-2021-03-07.
- Перская В.В. 2022. Стратегии ESG и энергопереход бизнеса в современных условиях. Экономические стратегии, Т. 24, 6(186): 76–85. DOI 10.33917/es-6.186.2022.76-85.
- Пискулова Н.А. 2022. Энергопереход 4.0: влияние на экономические отношения России и ЕС. Российский внешнеэкономический вестник, 1: 27–38. DOI 10.24412/2072-8042-2022-1-27-38.
- Салихов И.Ф. 2022. Четвертый энергопереход в Российской Федерации: предпосылки и перспективы. Экономические науки, 212: 140–144.
- Шапсугова М.Д. 2021. Энергопереход как фактор экономического кризиса мировой энергетики. Финансовая экономика, 12: 289–292. DOI 10.25997/FIE.2021.95.12.005.
- Якунин В.И. 2022. Энергопереход и санкции как вызовы государственной политике в сфере транспортного машиностроения. Союз криминалистов и криминологов, 2: 58–61. DOI 10.31085/2310-8681-2022-2-208-58-61.
- Friedlingstein P., Jones M. W., O’Sullivan M. et al. 2019. Global Carbon Budget 2019, Earth Syst. Sci. Data., 11: 1783–1838.
- Salikhov I., Avilova V., Fazylov R. 2020. Alternative energy in Russia and Tatarstan: challenges and prospects. International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019), 124, 05084. DOI: 10.1051/e3sconf/202012405084.

### References

- Avilova V.V., Vakhitov M.R. 2021. Innovative transformation of industry based on the principles of circular economy: a monograph. Kazan: Publishing house "Print – Service XXI century", 87 p (in Russian).
- Avilova V.V., Vakhitov M.R. 2023. The development of Russia's industrial potential based on the principles of decarbonization and technological sovereignty in the context of a new climate doctrine: monograph. Kazan: Publishing house "Print – Service XXI century", 89 p (in Russian).

- Vakhitov M.R., Shuvaeva G.P., Nikolaev A. N. 2013. Cleaning of gas emissions in devices with a porous rotating spray gun. *Bulletin of Kazan Technological University*, 16(1):187–189 (in Russian).
- Golov R.S., Mylnik A.V. 2023. The main directions of the development of the concept of "Energy Transfer 4.0" in the conditions of modern industrial production. *STEEN*, 1:50–52 (in Russian).
- Golov R.S. 2022. Theoretical foundations of the implementation of the concept of "Energy Transition 4.0" in the field of Russian industry. *Scientific Proceedings of the Free Economic Society of Russia*, 233(1):199–210 (in Russian). DOI 10.38197/2072-2060-2022-233-1-199-210.
- Lavrikova Yu.G., Buchinskaya O.N., Wegner-Kozlova E.O. 2022. Green energy transition of the Russian industry: barriers and ways to overcome. *AlterEconomics*, 19(4): 638–662 (in Russian). DOI 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5.
- Medzhidova D. D. 2021. Energy transition and transformation of the specificity of the European gas market. *Bulletin of International Organizations: Education, Science, New Economy*, 16(3):161–182 (in Russian). DOI 10.17323/1996-7845-2021-03-07.
- Perskaya V. V. 2022. ESG strategies and business energy transition in modern conditions. *Economic Strategies*, vol. 24, 6(186): 76–85 (in Russian). DOI 10.33917/es-6.186.2022.76-85.
- Piskulova N.A. 2022. Energy transition 4.0: impact on economic relations between Russia and the EU. *Russian Foreign Economic Bulletin*, 1:27–38 (in Russian). DOI 10.24412/2072-8042-2022-1-27-38.
- Salikhov I.F. 2022. The fourth energy transition in the Russian Federation: prerequisites and prospects. *Economic Sciences*, 212:140–144 (in Russian).
- Shapsugova M.D. 2021. Energy transition as a factor in the economic crisis of the global energy sector. *Financial Economics*, 12:289–292 (in Russian). DOI 10.25997/FIE.2021.95.12.005.
- Yakunin V.I. 2022. Energy transfer and sanctions as challenges to state policy in the field of transport engineering. *Union of Criminologists and Criminologists*, 2:58–61 (in Russian). DOI 10.31085/2310-8681-2022-2-208-58-61.
- Friedlingstein P., Jones M. W., O’Sullivan M. et al. 2019. Global Carbon Budget 2019, *Earth Syst. Sci. Data*, 11: 1783–1838 (in Russian).
- Salikhov I., Avilova V., Fazylov R. 2020. Alternative energy in Russia and Tatarstan: challenges and prospects. *International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019)*, 124, 05084. DOI: 10.1051/e3sconf/202012405084.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 05.09.2024

Поступила после рецензирования 14.10.2024

Принята к публикации 29.10.2024

Received September 05, 2024

Revised October 14, 2024

Accepted October 29, 2024

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Авилова Вилора Вадимовна**, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Татарстан, почетный работник высшего образования Российской Федерации, профессор кафедры бизнес-статистики и экономики, Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

**Владыка Марина Валентиновна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**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

**Marina V. Vladyka**, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

УДК 334.021

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-814-823

## Виды и формы социального предпринимательства

**Морозова Е.А., Ларин С.С.**

Кемеровский государственный университет

Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6

E-mail: morea@inbox.ru, larinstepansergeevich@gmail.com

**Аннотация.** Социальное предпринимательство призвано решать актуальные проблемы, возникающие в обществе, широкий спектр которых обуславливает различные виды и формы предпринимательской деятельности. Однако некоторые из них не представлены в научной литературе. Социальное предпринимательство нуждается не только в адекватной интерпретации своей сущности, но и в рациональной типологизации. На основе обзора существующих подходов к классификации разновидностей социального предпринимательства поставлена цель предложить новые признаки его дифференциации и сами группировки. Социальное предпринимательство по содержанию следует делить на отдельные виды по таким основаниям, как субъект предпринимательской деятельности, отраслевая направленность, объект; по форме – в зависимости от типа собственности на ресурсы, правового статуса, размера организации. Предлагаемые классификации социального предпринимательства позволяют полнее раскрыть его богатое содержание и способствовать более эффективному управлению им.

**Ключевые слова:** социальное предпринимательство, субъект, объект, отраслевая направленность, тип собственности, правовой статус

**Для цитирования:** Морозова Е.А., Ларин С.С. 2024. Виды и формы социального предпринимательства. Экономика. Информатика, 51(4): 814–823. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-814-823

---

## Types and Forms of Social Entrepreneurship

**Elena A. Morozova, Stepan S. Larin**

Kemerovo State University

6 Krasnaya St, Kemerovo 650000, Russia

E-mail: morea@inbox.ru, larinstepansergeevich@gmail.com

**Abstract.** Social entrepreneurship is designed to solve urgent problems a wide range of which determines various types and forms of entrepreneurial activity. However, some of them are not represented in the scientific literature. Social entrepreneurship needs not only an adequate interpretation of its essence, but also a rational typologization that will make its management more effective. Based on the review of existing approaches to the classification of social entrepreneurship varieties, the authors aim to propose new differentiation criteria and groups. In terms of content, social entrepreneurship should be divided into separate types based on the subject of entrepreneurial activity, industry orientation, and object. In terms of its form, it is divided depending on the type of ownership of resources, legal status, and size of the organization. The proposed classifications of social entrepreneurship make it possible to reveal its rich content more fully and contribute to a more effective management.

**Keywords:** social entrepreneurship, subject, object, industry orientation, type of ownership, legal status

**For citation:** Morozova E.A., Larin S.S. 2024. Types and Forms of Social Entrepreneurship. Economics. Information technologies, 51(4): 814–823 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-814-823

---

## Введение

Социальное предпринимательство уверенно вошло в российскую действительность и продолжает активно развиваться, продуцировать новые виды и формы, реагируя на внутренние и внешние вызовы. Однако научное осмысление данного явления еще далеко до завершения. Дискуссии отечественных и зарубежных ученых по теме социального предпринимательства демонстрируют широкий спектр мнений как о его сущности, содержании, так и о разновидностях [Гладкий, 2020; Зайнышева, Мешкова, 2018; Клиндух, 2019; Кошелев, Цацулин, 2022; Потапцева, Субботина, 2022; Certo, Miller, 2008]. Реальная же практика социально ориентированной деятельности юридических и физических лиц требует упорядочения соответствующих знаний. В данном случае трудно не согласиться с мнением В.В. Жоховой, которая считает, что «типология позволяет более полно раскрыть многоаспектность сущности социального предпринимательства, и классификации могут быть использованы для более четкого позиционирования социальных предпринимателей как на российском, так и международном уровне» [Жохова, 2015, с. 102].

Исходя из этого, целью настоящего исследования является выделение критериев и описание классификаций видов и форм социального предпринимательства. Для реализации данной цели, во-первых, проведен обзор существующих в научной литературе и законодательных документах типологий социального предпринимательства, во-вторых, выделены критерии дифференциации социального предпринимательства по видам и формам, в-третьих, описаны авторские классификации социального предпринимательства по разным основаниям.

## Объект и методы исследования

Объектом исследования является социальное предпринимательство, которое как сложный и неоднозначный феномен целесообразно трактовать в широком и узком смысле слова [Морозова, Ларин, 2023]. В широком варианте социальное предпринимательство представляет собой организационно-экономическую деятельность, нацеленную на решение социальных проблем общества или его отдельных категорий на базе предпринимательского подхода. Данная трактовка охватывает все возможные варианты социально ориентированного бизнеса, включая корпоративную социальную ответственность (КСО), благотворительность, спонсорство, деятельность некоммерческих организаций (НКО), физических лиц. Узкий подход к пониманию социального предпринимательства соответствует его нормативной трактовке [Федеральный закон от 26.07.2019 N 245-ФЗ]: предпринимательская деятельность субъектов среднего и малого предпринимательства, направленная на достижение общественно полезных целей, способствующая решению социальных проблем граждан и общества. Узкий вариант дефиниции входит в состав широкого понимания социального предпринимательства.

Исследование опирается на системный подход и общенаучные методы: анализ и синтез; индукция и дедукция. Обзор научных источников и нормативно-правовых актов позволил сделать вывод, что существующие типологии социального предпринимательства не полностью раскрывают сущностное разнообразие данного явления, не отражают отличия его видов и форм, что обедняет соответствующую рефлексию, снижает эффективность управления социопредпринимательской деятельностью.

## Результаты и их обсуждение

Исследователи, раскрывая содержание социального предпринимательства, зачастую предлагают его классификации или же группировки социальных предприятий, опираясь на различные признаки, но чаще всего таковым является степень коммерциализации компании, которая занимается социальным предпринимательством. Так, К. Альтер выделила организации, которые занимаются только филантропией, гибридные и чисто коммерческие [Alter, 2007].

Т. Лаонос и Д. Кикал в качестве критерия дифференциации социальных предприятий называют структурные формы, но по факту классифицируют их все на те же чисто некоммерческие, чисто коммерческие и гибридные [Лаонос, Кикал, 2014]. Похожий подход к группировке социальных предприятий демонстрирует Е.Н. Мельник, перечисляя коммерческие организации, использующие инструменты бизнеса для решения социальных задач; общественные или социально ориентированные НКО, не нацеленные на прибыль; гибридные предприятия, обладающие признаками и коммерческих компаний, и НКО [Мельник, 2020]. Ю.Е. Благов и Ю.Н. Арай делят предприятия на четыре типа организации социального предпринимательства: традиционные НКО; некоммерческие социально ориентированные предпринимательские компании; коммерческие социально ориентированные предпринимательские фирмы; гибридные предприятия [Благов, 2010; Арай, 2013].

Называют авторы и иные классификационные признаки социопредпринимательской деятельности. Например, Ш. Захра предлагает классификацию социальных предпринимателей в зависимости от масштабности решаемых социальных задач: социальный «bricoleur» («разнорабочий») нацелен на небольшие проблемы местного значения; социальный конструктивист решает более серьезные, масштабные социальные задачи, которые не попадают в поле зрения государственных учреждений; социальный инженер разрабатывает новые подходы к удовлетворению социальных потребностей людей на государственном или даже международном уровне [Zahraa, 2009].

М.С. Нетесова при классификации социального предпринимательства опирается на нормативно-законодательную базу и выделяет четыре вида предпринимательской деятельности, направленной на удовлетворение базовых потребностей социально уязвимых категорий населения: их трудоустройство; реализация производимых ими товаров и услуг; производство предназначенных для них товаров, работ, услуг; деятельность, направленная на достижение общественно полезных целей [Нетесова, 2020].

Н.В. Высоцкая и Е.В. Лылова предложили дифференциацию социально ориентированного предпринимательства по уровню зрелости (она распространяется прежде всего на коммерческие компании) [Высоцкая, Лылова, 2020]. К первому уровню они относят предприятия, в которых осознается влияние корпоративной социальной ответственности на бизнес, для сотрудников создаются благоприятные условия труда и отдыха, оздоровления и развития, реализуются программы по поддержке территорий присутствия, компенсации наносимого экологического ущерба. Второй уровень зрелости характеризуется активной благотворительной деятельностью организаций, предпринимателей, в частности, созданием благотворительных фондов. К третьему уровню зрелости относятся компании, которые создают не только благотворительные, но и фонды венчурной филантропии, помогая предприимчивой молодежи и НКО выйти на самоокупаемость или прибыльность. К четвертому уровню авторы относят непосредственно социальное предпринимательство, трактуя его достаточно узко и подчеркивая, что «социальное предприятие использует предпринимательский, инновационный и рыночный подходы для создания социальной ценности и изменения» [Там же, с. 152].

А.А. Московская и И.В. Соболева описывают две модели социального предпринимательства в зависимости от уровня его поддержки со стороны государства – европейскую (государство активно помогает социальным предпринимателям на основе принятых законов) и англо-американскую (государство слабо вовлечено в помощь социальному бизнесу, который опирается, прежде всего, на поддержку негосударственных фондов) [Московская, Соболева, 2016].

Таким образом, ученые разрабатывают разные типологии социального предпринимательства, но, на наш взгляд, они далеко не полностью раскрывают богатое содержание данной деятельности и нуждаются в развитии. Прежде всего следует подчеркнуть, что при типологизации социального предпринимательства важно различать его виды и формы. Если виды отражают внутренние, содержательные особенности предпринимательства, то формы – внешнюю, нормативно-правовую, формальную специфику.

В табл. 1 представлены виды социального предпринимательства (в его широкой трактовке) по ряду классификационных признаков.

Таблица 1  
Table 1

Виды социального предпринимательства  
Types of social entrepreneurship

Классификационные признаки	Виды социального предпринимательства
Субъект социального предпринимательства	Деятельность социальных предприятий в соответствии с ФЗ № 245
	Социально ориентированная деятельность коммерческих предприятий
	Деятельность социально ориентированных НКО
	Неформальное социальное предпринимательство
Отрасль деятельности	Социальное предпринимательство в социальной сфере
	Социальное предпринимательство в производственной сфере
	Социальное предпринимательство в сфере услуг и т. п.
Объект предпринимательской деятельности	Социально уязвимые категории граждан
	Окружающая природная среда
	Культурная инфраструктура
	Производственная обстановка
	Условия жизни людей
	Общественные отношения

Первый из них – *субъект социального предпринимательства*, то есть тот, кто его осуществляет. В данном случае предлагается выделять:

– деятельность социальных предприятий, определенных ст. 24.1 [Федеральный закон от 26.07.2019 N 245-ФЗ] в части закрепления понятий «социальное предпринимательство», «социальное предприятие» (узкая трактовка социального предпринимательства). В законе приводится достаточно обширный список условий, при соответствии которым предприятие может получить статус социального;

– социально ориентированная деятельность коммерческих предприятий. В данном случае речь идет, прежде всего, о КСО (или близком по содержанию понятию «социальная ответственность бизнеса»), рассмотрению которого посвящено немало научных трудов (Даньшина, 2017; Чеглакова, Батаева, Мелитонян, 2018; Сафин, 2022 и другие). В целом под КСО предлагается понимать добровольный вклад бизнеса в развитие общества в социальной, экономической, экологической сферах, связанный с основной деятельностью компании, но выходящий за рамки определенного законом минимума. КСО может осуществляться по отношению к персоналу, к партнерам, к местному сообществу, к государству, к обществу. Одной из разновидностей КСО является спонсорство или спонсоринг (иногда оно рассматривается вне КСО), в справочной литературе оно рассматривается как форма продвижения интересов организации чрез поддержку социально значимых инициатив [АКАДЕМИК. Словари и энциклопедии на Академике, 2024]. «Спонсоринг социальный помогает поддерживать людей в трудной жизненной ситуации и одновременно решает задачу продвижения спонсора на рынке товаров или услуг, укрепления его имиджа» [Щетинина, Мурмыло, 2020, с. 45];

– деятельность социально ориентированных НКО (СО НКО), благотворительных фондов. В соответствии с Федеральным законом «О некоммерческих организациях» [Федеральный закон от 12.01.1996 N 7-ФЗ] к СО НКО могут относиться объединения юридических лиц, религиозные организации, автономные некоммерческие объединения, общественные организации, казачьи общества, фонды некоммерческого партнерства, общины малочисленных и коренных народов РФ, которые осуществляют хотя бы один из 17 видов деятельности, предусмотренных статьей 31.1. Благотворительные фонды также относятся к

НКО и чаще всего оказывают медицинскую, психологическую, социальную поддержку гражданам. В РФ благотворительность регулируется Федеральным законом «О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве)» [Федеральный закон от 11.08.1995 N 135-ФЗ];

– неформальное социальное предпринимательство, включая меценатство. Если некоторым категориям граждан (инвалидам, переселенцам, безработным, военнослужащим и т. п.) оказывается поддержка частными лицами на неофициальной основе и при этом используются бизнес-инструменты, речь идет о неформальном предпринимательстве. Одной из разновидностей данной группы является меценатство, которое чаще всего осуществляется физическими лицами (иногда созданными ими фондами), успешными предпринимателями на безвозмездной основе в целях поощрения и поддержки представителей культуры, науки, образования.

Стоит уточнить, что на практике порой трудно отнести конкретный акт социального предпринимательства к тому или иному виду, поскольку некоторые из них близки по смыслу (например, спонсорство, благотворительность и меценатство), зачастую они сочетаются в одних социальных программах, дополняют друг друга. Однако некоторая условность характерна для большинства классификаций, касающихся социально-экономических объектов.

Следующая типология социального предпринимательства основана на *отраслевом* критерии, так как предпринимательская деятельность может осуществляться в различных направлениях и в организациях разного профиля деятельности. Чаще всего социальное предпринимательство ассоциируется с социальной сферой: образованием, воспитанием, здравоохранением, наукой, культурой и искусством, физкультурой и спортом, социальной защитой, досугом. Но социально ориентированное предпринимательство может осуществляться и в производственной сфере, и в финансовой, и в сфере бытового обслуживания, торговли, оказания услуг транспорта и связи, и в сельском хозяйстве, и в других отраслях экономики (например, трудоустройство уязвимых категорий населения на предприятия или производство для них продукции, оказание им услуг). Поэтому в данном случае целесообразно дифференцировать социальное предпринимательство и социальные предприятия в соответствии с традиционным отраслевым делением, а при необходимости объединять отрасли в более крупные группы, например, социальное предпринимательство в социальной сфере, социальное предпринимательство в производственной сфере, социальное предпринимательство в сфере услуг и т. п.

Важным критерием для типологизации социального предпринимательства является его *объект* – то, на что или кого направлена деятельность предпринимателей, проблемы какого плана оно решает. Такими объектами могут быть: социально уязвимые категории граждан (безработные, дети, малоимущие семьи, пожилые, инвалиды и т. д.); окружающая природная среда (водные ресурсы, леса, атмосфера и др.); культурная инфраструктура (театры, музеи, памятники, традиционные промыслы и ремесла); производственная обстановка (условия труда и отдыха работников, корпоративная культура и т. п.); условия жизни людей (придворовые территории, досуговая, оздоровительная инфраструктура и проч.); общественные отношения (сохранение и защита самобытности, культуры, народов, конфессий, поддержка общественных объединений, информационное сопровождение, юридическая помощь, военно-патриотическое воспитание и т. п.). Однако каков бы ни был объект социального предпринимательства, в конечном итоге, оно нацелено на решение проблем людей, улучшение материальных, социальных, духовных условий их существования.

Что касается форм социального предпринимательства, то предлагается их группировать по таким критериям, как: собственность на используемые ресурсы; правовой статус и формы организации предпринимательской деятельности; размер организации (табл. 2).

Если *собственниками* предприятий, занимающихся социальным предпринимательством, являются частные лица, то речь идет о частном социальном предпринимательстве. В случае коллективной собственности налицо коллективное

социальное предпринимательство. Также целесообразно выделить социальное предпринимательство с наличием государственной собственности (например, такие корпорации с государственным участием, как Газпром, Роснефть).

Таблица 2  
Table 2

Формы социального предпринимательства  
Forms of social entrepreneurship

Классификационные признаки	Формы социального предпринимательства
Собственность на используемые ресурсы	Частное социальное предпринимательство
	Коллективное социальное предпринимательство
	Социальное предпринимательство с наличием государственной собственности
Правовой статус	Социальное предпринимательство без образования юридического лица
	Социальное предпринимательство без образования юридического лица
Размер организации	Социальное предпринимательство крупных организаций
	Социальное предпринимательство средней организаций
	Социальное предпринимательство малых и микро- организаций
	Социальное предпринимательство отдельных частных лиц

По *правовому статусу* социальным предпринимательством занимаются как граждане без образования юридического лица (индивидуальные предприниматели, отдельные граждане), так и с образованием такового, причем в различных формах: товарищество, кооператив, акционерное общество, крестьянское фермерское хозяйство, общество с ограниченной ответственностью, хозяйственное партнерство, индивидуальное предприятие и другие [Гражданский кодекс РФ, 1994]. Исходя из этих форм, можно говорить о кооперативном социальном предпринимательстве, акционерном, индивидуальном и проч. Поскольку субъектами социального предпринимательства являются и НКО, которые также относятся к числу юридических лиц, следует указать и их возможные формы: фонды, общины, некоммерческие партнерства, религиозные организации, казачьи общества и проч. [Федеральный закон от 12.01.1996 N 7-ФЗ].

Социальное предпринимательство можно дифференцировать по *размеру* организаций, занимающихся им: крупного бизнеса, среднего бизнеса, малого бизнеса, индивидуальных предпринимателей (имеющих соответствующий официальный статус) и частных (физических) лиц. Что касается социального предпринимательства в узком смысле слова, то в законе четко указывается число участников для средних, малых и микропредприятий. Социальные предприятия могут быть средними с числом сотрудников до 250 человек, малыми – со штатом от 16 до 100 человек и микропредприятия – с числом работников до 15 человек [Федеральный закон от 24.07.2007 N 209-ФЗ]. В данном случае в классификацию не попали СО НКО. Но они также различаются по размеру (в частности, по количеству членов организации), а значит, могут быть сгруппированы по рассматриваемому признаку.

Предлагаемые виды и формы социального предпринимательства не являются исчерпывающими. Полагаем, что перечень классификаций может пополняться с его развитием и расширением соответствующего предметного поля исследования.

### Заключение

Социальное предпринимательство – интенсивно развивающийся способ решения социальных проблем, возникающих в любых обществах, с помощью предпринимательского подхода. Разнообразие сфер его применения, подходов и методов реализации, субъектов и объектов воздействия требует систематизации его разновидностей. В настоящем исследовании

проведен обзор существующих вариантов типологизации социального предпринимательства и предложено различать его виды и формы.

В качестве дополнения к уже имеющимся группировкам социального предпринимательства рекомендуется выделять его виды по субъекту предпринимательской деятельности (деятельность социальных предприятий; социально ориентированная деятельность коммерческих организаций; деятельность социально ориентированных некоммерческих организаций; неформальное социальное предпринимательство); по отраслевой направленности (предпринимательство в социальной сфере: образовании, здравоохранении, культуре и т. п.; в производственной сфере; в сфере услуг и др.); по объекту (направлено на социально незащищенные категории населения; на окружающую среду; на культурную инфраструктуру; на производственную обстановку; на условия жизни людей; на общественные отношения в их разном проявлении).

По формам социальное предпринимательство следует классифицировать в зависимости от типа собственника имеющихся ресурсов (частное, коллективное, с государственным участием); от правового статуса (предпринимательство без образования юридического лица и с образованием юридического лица в форме кооператива, товарищества, индивидуального предприятия, акционерного общества, фонда, некоммерческого партнерства и т. п.); от размера организации (от крупного бизнеса или большой НКО до индивида).

Упорядочение такого богатого по содержанию и формам феномена, как социальное предпринимательство, будет способствовать более адекватному его восприятию, анализу, управлению и развитию.

### Список источников

- О внесении изменений в Федеральный закон «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации в части закрепления понятий "социальное предпринимательство", "социальное предприятие"». Федеральный закон от 26.07.2019 N 245-ФЗ (последняя редакция). Режим доступа: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_329995](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329995)
- О некоммерческих организациях. Федеральный закон от 12.01.1996 N7-ФЗ. (последняя редакция). Режим доступа [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8824/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8824/)
- О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве) Федеральный закон от 11.08.1995 N 135-ФЗ (последняя редакция). Режим доступа [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_7495/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7495/)
- О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации. Федеральный закон от 24.07.2007 N209-ФЗ (ред от 29.05.2024). Режим доступа [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_52144/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144/)
- Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 N 51-ФЗ (ред. от 08.08.2024). Режим доступа [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5142/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/)
- АКАДЕМИК. Словари и энциклопедии на Академике. Маркетинг. Большой толковый словарь. Спонсорство. Режим доступа: <https://marketing.academic.ru/118/СПОНСОРСТВО> (Дата обращения 15.09.2024)

### Список литературы

- Арай Ю.Н. 2013. Социальное предпринимательство в начале XXI века: основные понятия и страновые особенности. Российский журнал менеджмента, 11(1):111–130.
- Благов Ю.Е. 2010. Социальное предпринимательство: проблемы типологии. Вестник Санкт-Петербургского университета, 3:109–114.
- Высоцкая Н.В., Лылова Е.В. 2020. Лучшие практики социально-ориентированного предпринимательства: обзор и анализ. Путеводитель предпринимателя. Автономная некоммерческая организация Российская Академия предпринимательства, 13: 147–164.
- Гладкий Н.А. 2020. Типы социального предпринимательства и их роль в развитии национальной экономики. Вестник Донецкого национального университета. Серия В, Экономика и право, 2: 47–52.

- Даньшина В.В. 2017. Зарубежный опыт реализации социальной ответственности бизнеса Вестник Томского государственного университета. Экономика, 40: 152–170.
- Жохова В.В. 2015. Социальное предпринимательство: типология видов. Известия Дальневосточного Федерального университета. Экономика и управление, 4: 89–105.
- Зайнашева З.Г., Мешкова Н.Г. 2018. Особенности социальных предпринимателей и понятие социального предпринимательства. Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика, 1: 45–53
- Клиндух Р. В. 2019. Социальное предпринимательство: понятийно-терминологическая систематизация. Экономика, предпринимательство и право, 9(3): 167–178. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.9.3.41085>
- Кошелев А.А., Цацулин Д.С. 2022. Молодежное предпринимательство: теоретическое обоснование понятия, основные виды и функции. Тенденции развития науки и образования, 84(1): 54–56. DOI: <https://doi.org/10.18411/trnio-04-2022-11>
- Лайонс Т., Кикал Дж. 2014. Социальное предпринимательство. Миссия – сделать мир лучше, Альпина Паблишер, 350 с.
- Мельник Е.Н. 2020. Критерии и организационно-правовые формы социального предпринимательства. Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление, 1: 64–70.
- Морозова Е.А., Ларин С.С. 2023. Социальное предпринимательство как научная категория. Вестник КемГУ. Серия: политические, социологические и экономические науки, 4 (30): 462–468. DOI: 10.21603/2500-3372-2023-8-4-462-468
- Московская А.А., Соболева И.В. 2016. Социальное предпринимательство в системе социальной политики: мировой опыт и перспективы России. Проблемы прогнозирования, 6(159): 103–111.
- Нетесова М.С. 2020. Виды социального предпринимательства: классификация и проблемы правового регулирования. Пробелы в российском законодательстве, 13(7): 056–062.
- Потапцева А.Г., Субботина Т.Н. 2022. Анализ видов предпринимательской деятельности в России: современная ситуация. Дневник науки, 5(65): DOI: [https://doi.org/10.51691/2541-8327\\_2022\\_5\\_3](https://doi.org/10.51691/2541-8327_2022_5_3)
- Сафин Н.В. 2022. Корпоративная социальная ответственность малых предприятий. Управленческий учет, 11: 591–598.
- Чеглакова Л.М., Батаева Б.С., Мелитонян О.А. 2018. Характерные черты социальной ответственности и этики в организациях малого бизнеса в России. Российский журнал менеджмента, 16: 63–94.
- Щетинина Е.А., Мурмыло Ю.Д. 2020. Спонсорство: эффективный инструмент маркетинговой коммуникации или осознанная социальная практика? Экономический вектор. 2(21): 41–46.
- Alter S.K. 2007. Social Enterprise Typology. Virtue Ventures LLC. Njv. 27, (revised vers.).
- Certo S. T., Miller T. 2008. Social entrepreneurship: key issues and concepts. Business Horizons, 51(4): 267–271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2008.02.009>
- Zahraa, S., Gedajlovic Zahraa B, E., Neubaumc, D., Shulman, J. 2009. A typology of social entrepreneurs: motives, search processes and ethical challenges. Journal of Business Venturing (J BUS VENTURING). (5): 519–532. (In Engl.).

## References

- Araj Yu.N. 2013. Social'noe predprinimatel'stvo v nachale XXI veka: osnovnye ponyatiya i stranovye osobennosti [Social entrepreneurship at the beginning of the XXI century: basic concepts and country features]. Rossijskij zhurnal menedzhmenta, 11(1): 111–130.
- Blagov Yu.E. 2010. Social'noe predprinimatel'stvo: problemy tipologii [Social entrepreneurship: problems of typology]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta, 3:109–114.
- Vysockaya N.V., Lylova E.V. 2020. Luchshie praktiki social'no-orientirovannogo predprinimatel'stva: obzor i analiz [The best practices of socially oriented entrepreneurship: review and analysis. Entrepreneur's guide]. Putevoditel' predprinimatelya. Avtonomnaya nekommercheskaya organizaciya Rossijskaya Akademiya predprinimatel'stva, 13: 147–164.
- Gladkij N.A. 2020. Tipy social'nogo predprinimatel'stva i ih rol' v razvitii nacional'noj ekonomiki [Types of social entrepreneurship and their role in the development of the national economy]. Vestnik Doneckogo nacional'nogo universiteta. Seriya V, Ekonomika i pravo, 2: 47–52.



- Dan'shina V.V. 2017. Zarubezhnyj opyt realizacii social'noj otvetstvennosti biznesa [Foreign experience in the implementation of social responsibility of business]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika, 40: 152–170.
- Zhohova V.V. 2015. Social'noe predprinimatel'stvo: tipologiya vidov [Social entrepreneurship: a typology of types]. Izvestiya Dal'nevostochnogo Federal'nogo universiteta. Ekonomika i upravlenie, 4:89–105.
- Zajnasheva Z.G., Meshkova N.G. 2018. Osobennosti social'nyh predprinimatelej i ponyatie social'nogo predprinimatel'stva [Features of social entrepreneurs and the concept of social entrepreneurship]. Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika, 1: 45–53.
- Klinduh R.V. 2019. Social'noe predprinimatel'stvo: ponyatijno-terminologicheskaya sistemizatsiya [Social entrepreneurship: conceptual and terminological systematization]. Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo, 9(3): 167–178. DOI:<https://doi.org/10.18334/epp.9.3.41085>.
- Koshelev A.A., Caculin D.S. 2022. Molodezhnoe predprinimatel'stvo: teoreticheskoe obosnovanie ponyatiya, osnovnye vidy i funkcii [Youth entrepreneurship: theoretical substantiation of the concept, main types and functions]. Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya, 84(1): 54–56. DOI:<https://doi.org/10.18411/trnio-04-2022-11>.
- Lajons. T., Dzh. Kikal 2014. Social'noe predprinimatel'stvo. Missiya – sdelat' mir luchshe [Social entrepreneurship. The mission is to make the world a better place]. Alpina Publisher, 350 pp. Alpina Publisher, 350 p.
- Mel'nik E.N. 2020. Kriterii i organizacionno-pravovye formy social'nogo predprinimatel'stva [Criteria and organizational and legal forms of social entrepreneurship]. Vestnik VGU. Seriya: Ekonomika i upravlenie, 1: 64–70.
- Morozova E.A., Larin S.S. 2023. Social'noe predprinimatel'stvo kak nauchnaya kategoriya [Social entrepreneurship as a scientific category]. Vestnik KemGU. Seriya, sociologicheskie i ekonomicheskie nauki, 4 (30): 462–468. DOI: 10.21603/2500-3372-2023-8-4-462-468.
- Moskovskaya A. A., Soboleva I.V. 2016. Social'noe predprinimatel'stvo v sisteme social'noj politiki: mirovoj opyt i perspektivy Rossii [Social entrepreneurship in the system of social policy: world experience and prospects for the development of Russia]. Problemy prognozirovaniya, 6(159): 103–111.
- Netesova M.S. 2020. Vidy social'nogo predprinimatel'stva: klassifikatsiya i problemy pravovogo regulirovaniya [Types of social entrepreneurship: classification and problems of legal regulation] Probely v rossijskom zakonodatel'stve, 13(7): 056–062.
- Potapceva A. G., Subbotina T. N. 2022. Analiz vidov predprinimatel'skoj deyatel'nosti v Rossii: sovremennaya situatsiya [Analysis of types of entrepreneurial activity in Russia: the current situation]. Dnevnik nauki, 5(65): DOI: [https://doi.org/10.51691/2541-8327\\_2022\\_5\\_3](https://doi.org/10.51691/2541-8327_2022_5_3).
- Safin N.V. 2022. Korporativnaya social'naya otvetstvennost' malyh predpriyatij [Corporate social responsibility of small enterprises]. Nauchnyj zhurnal «Upravlencheskij uchët», 11: 591–598.
- Cheglakova L.M., Bataeva B.S., Melitonyan O.A. 2018. Harakternye cherty social'noj otvetstvennosti i etiki v organizatsiyah malogo biznesa v Rossii [The characteristic features of social responsibility and ethics in small business organizations in Russia]. Rossijskij zhurnal menedzhmenta, 16: 63–94.
- Shchetinina E.A., Yu.D. Murmylo Yu.D. 2020. Sponsorstvo: effektivnyj instrument marketingovoj kommunikatsii ili osoznannaya social'naya praktika? [Sponsorship: an effective marketing communication tool or a conscious social practice?]. Ekonomicheskij vektor. 2020, 2(21): 41–46.
- Alter S.K. 2007. Social Enterprise Typology. Virtue Ventures LLC. Njv. 27, (revised vers.).
- Certo S. T., Miller T. 2008. Social entrepreneurship: key issues and concepts. Business Horizons, 51(4): 267–271. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2008.02.009>
- Zahraa S., Gedajlovic Zahraa B, E., Neubaumc, D., Shulman, J. 2009. A typology of social entrepreneurs: motives, search processes and ethical challenges. Journal of Business Venturing (J BUS VENTURING). (5): 519–532 (In Engl.).

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 20.09.2024

Поступила после рецензирования 28.10.2024

Принята к публикации 31.10.2024

Received September 20, 2024

Revised October 28, 2024

Accepted October 31, 2024



### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Морозова Елена Алексеевна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента им. И.П. Поварича, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

**Ларин Степан Сергеевич**, аспирант кафедры менеджмента им. И.П. Поварича, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Elena A. Morozova**, Doctor of Economics, Professor, Professor of the I.P. Povarich Department of Management, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

**Stepan S. Larin**, Postgraduate Student of the I.P. Povarich Department of Management, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

УДК 331.5 (470.56)

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-824-838

## Перспективы развития рынка труда: трансформация базовых компетенций в цифровую эру

<sup>1</sup> Пьянкова С.Г., <sup>2,3</sup> Митрофанова И.В., <sup>4</sup> Ергунова О.Т., <sup>4</sup> Сомов А.Г.

<sup>1</sup>Уральский государственный экономический университет  
Россия, 620144, г. г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН  
Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр-т. Чехова, 41;

<sup>3</sup>Волгоградский государственный университет  
Россия, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100

<sup>4</sup>Высшая школа производственного менеджмента  
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого  
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

E-mail: silen\_06@list.ru, mitrofanova@volsu.ru, ergunova-olga@yandex.ru, somovspb@yandex.ru

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию влияния цифровизации на развитие рынка труда в Санкт-Петербурге с акцентом на трансформацию требований к квалификации работников и структуру занятости. Основная цель исследования заключается в выявлении ключевых факторов, определяющих изменения на рынке труда в условиях цифровой экономики, а также в оценке последствий этих изменений для работников и работодателей. Объект исследования: рынок труда Санкт-Петербурга в условиях цифровой трансформации. Предмет исследования: влияние цифровизации на структуру занятости, востребованность профессий и требования к квалификации работников в Санкт-Петербурге. В исследовании использовались методы факторного анализа, статистического анализа данных, а также методы линейной экстраполяции для прогнозирования численности занятых и безработных до 2030 года. Основные данные были получены из официальных источников, включая платформы «Работа России», «HeadHunter» и «Superjob». В результате исследования были выявлены следующие ключевые выводы: цифровизация приводит к росту спроса на высококвалифицированные профессии в области информационных технологий, кибербезопасности и анализа данных, одновременно снижая потребность в низкоквалифицированных работниках. Внедрение автоматизации и искусственного интеллекта способствует замещению рутинных задач, что требует от работников овладения новыми цифровыми навыками. Прогнозы показывают умеренный рост числа занятых в Санкт-Петербурге до 2030 года при одновременном снижении уровня безработицы, что связано с развитием высокотехнологичных секторов экономики. Увеличение числа людей, не входящих в состав рабочей силы, связано с демографическими изменениями и изменением социальных предпочтений населения. Рынок труда сталкивается с новыми вызовами, такими как увеличение конкуренции среди соискателей и рост нестандартных форм занятости, что требует адаптации политики занятости и образования. Данное исследование подчеркивает важность стратегического планирования и адаптации к изменениям, вызванным цифровизацией, для обеспечения устойчивого развития рынка труда в Санкт-Петербурге.

**Ключевые слова:** цифровизация, рынок труда, трансформация занятости, цифровые компетенции, непрерывное обучение, автоматизация, искусственный интеллект (AI), высокотехнологичные профессии, социальное неравенство, нестандартные формы занятости

**Для цитирования:** Пьянкова С.Г., Митрофанова И.В., Ергунова О.Т., Сомов А.Г. 2024. Перспективы развития рынка труда: трансформация базовых компетенций в цифровую эру. Экономика. Информатика, 51(4): 824–838. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-824-838

## Prospects for the Development of the Labor Market: Transformation of Basic Competencies in the Digital Era

<sup>1</sup> Svetlana G. Pyankova, <sup>2,3</sup> Inna V. Mitrofanova, <sup>4</sup> Olga T. Ergunova, <sup>4</sup> Andrey G. Somov

<sup>1</sup>Ural State University of Economics,

62/45 8 Marta/Narodnoy Voli St, Yekaterinburg 620144, Russia

<sup>2</sup>Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,

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

<sup>3</sup>Volgograd State University

100 Universitetsky Ave, Volgograd 400062, Russia

<sup>4</sup>Higher School of Industrial Management Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29 Politekhnikeskaya St, St. Petersburg 195251, Russia

E-mail: silen\_06@list.ru, mitrofanova@volsu.ru, ergunova-olga@yandex.ru, somovspb@yandex.ru

**Abstract.** The article is devoted to the study of the digitalization impact on the labor market development in St. Petersburg, with an emphasis on the transformation of requirements for employee qualifications and the employment structure. The main objective of the study is to identify the key factors that determine changes in the labor market in the context of the digital economy, as well as to assess the consequences of these changes for employees and employers. Object of the study: The labor market of St. Petersburg in the context of digital transformation. Subject of the study: The impact of digitalization on the employment structure, demand for professions and requirements for employee qualifications in St. Petersburg. The study used methods of factor analysis, statistical data analysis, as well as linear extrapolation methods to forecast the number of employed and unemployed until 2030. The main data were obtained from official sources, including the platforms “Work of Russia”, “HeadHunter”, and “Superjob”. The study identified the following key findings: digitalization is promoting demand for highly skilled professions in information technology, cybersecurity, and data analytics, while reducing the need for low-skilled workers. The introduction of automation and artificial intelligence is helping replace routine tasks, requiring workers to master new digital skills. Forecasts show a moderate increase in the number of people employed in St. Petersburg until 2030, while the unemployment rate is decreasing, which is associated with the development of high-tech sectors of the economy. The increase in the number of people that are not labor force is associated with demographic changes and changing social preferences of the population. The labor market is facing new challenges, such as increased competition among job seekers and the growth of non-standard forms of employment, which requires the adaptation of employment and education policies. This study emphasizes the importance of strategic planning and adaptation to changes caused by digitalization to ensure sustainable development of the labor market in St. Petersburg.

**Keywords:** digitalization, labor market, employment transformation, digital competencies, continuous learning, automation, artificial Intelligence (AI), high-tech professions, social inequality, non-standard forms of employment

**For citation:** Pyankova S.G., Mitrofanova I.V., Ergunova O.T., Somov A.G., 2024. Prospects for the Development of the Labor Market: Transformation of Basic Competencies in the Digital Era. Economics. Information technologies, 51(4): 824–838 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-824-838

---

### Введение

Цифровые технологии, ставшие неотъемлемой частью нашей жизни в период пандемии COVID-19, оказались ключевыми для поддержания жизнедеятельности общества и экономики. Дистанционное обучение, удаленная работа, электронная коммерция и телемедицина стали незаменимыми инструментами, позволяющими смягчить последствия ограничений, введенных для сдерживания распространения вируса. Пандемия выступила катализатором, ускорившим процесс цифровизации, который теперь охватывает все аспекты социально-экономической жизни. По оценкам экспертов, в период с 2020 по 2022 годы глобальные инвестиции в цифровую трансформацию достигли \$1,3 трлн, что на 20 % больше, чем в предыдущие годы [Global Digital Transformation ..., 2022].

Робототехника, аддитивные технологии, Интернет вещей, Big Data-аналитика, облачные вычисления и другие передовые цифровые технологии заняли центральное место в процессе экономического и технологического развития. Ожидается, что глобальный рынок искусственного интеллекта (AI) будет расти в среднем на 42 % в год и достигнет \$126 млрд к 2025 году [Forecast: AI Business ..., 2022]. В России использование AI также набирает обороты: согласно данным Российского союза промышленников и предпринимателей, объем рынка AI в России может достигнуть 100 млрд рублей к 2024 году [Обзор рынка AI в России, 2022].

Однако вместе с возможностями цифровизация принесла и новые вызовы. Угрозы кибербезопасности, утечка данных и разрушительные потенциалы искусственного интеллекта поднимают важные вопросы о безопасности и устойчивости современных цифровых систем. В 2022 году более 60 % компаний по всему миру сообщили о росте киберугроз, связанных с цифровыми технологиями [Global Cybersecurity Trends, 2022]. В условиях стремительного роста внедрения информационно-коммуникационных технологий, Россия, несмотря на определенные успехи в развитии человеческого капитала и науки, по-прежнему занимает средние позиции в мировых рейтингах цифровизации. Так, в Глобальном инновационном индексе 2023 года Россия заняла 51-е место из 132 стран [World population Review, 2022], в то время как в Мировом рейтинге цифровой конкурентоспособности 2021 года – 42-е место из 64 стран.

Этот дисбаланс между потенциалом и реальной готовностью страны к цифровой трансформации требует особого внимания к формированию системных стратегий и мер, направленных на усиление национальной конкурентоспособности в условиях глобальной цифровой экономики. По прогнозам Всемирного экономического форума, к 2025 году более 50 % всех рабочих задач будут выполняться машинами, что потребует переподготовки 40 % мирового трудоспособного населения [Future of Jobs Report, 2020; Global Innovation Index, 2021].

Стратегическое планирование развития России в цифровую эпоху направлено на переход от экспортно-ориентированной модели экономики к инновационной. Это особенно важно в контексте усиления глобальных трендов, таких как отказ от углеводородов и развитие зеленой энергетики. Согласно прогнозам Министерства экономического развития РФ, вклад цифровой экономики в ВВП страны к 2024 году должен достичь 10 % [Прогноз социально-экономического развития ..., 2021]. Цифровые технологии выступают не только как инновационные решения, но и как катализаторы для дальнейшего внедрения инноваций во всех областях экономической жизни. Важную роль в этом процессе играет развитие искусственного интеллекта, который, наряду с другими технологиями, определяет будущее российского образования и трансформацию базовых компетенций в условиях цифровой эпохи.

## Обзор литературы

Технологии четвертой промышленной революции оказывают крайне неоднозначное и трудно прогнозируемое влияние на рынок труда. С одной стороны, цифровизация создает новые возможности для занятости, с другой – порождает вызовы, такие как рост требований к квалификации и нестабильность трудовых отношений. В данной литературе освещаются различные аспекты этих изменений и их последствия для глобального и национального рынков труда.

Цифровизация способствует росту занятости в секторах, связанных с высокими технологиями и информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ). Исследования показывают, что автоматизация и внедрение цифровых технологий могут снизить производственные издержки, повысить эффективность и создать новые рабочие места. В статье О. Сенокосовой отмечается, что увеличение инвестиций в цифровые технологии стимулирует рост занятости и доходов, особенно в высокотехнологичных отраслях [Сенокосова, 2018]. В частности, исследование европейского рынка показало, что рост инвестиций в ИКТ на 1 % приводит к увеличению занятости на 0,02 % и повышению заработной платы на 0,01 % [Genz, Janser, Lehmer, 2019]. Цифровизация способствует росту заработной платы, особенно среди низкоквалифицированных работников, что демонстрирует

социальный потенциал цифровых технологий для сокращения неравенства на рынке труда [Клавдиенко, 2019].

Исследования работ таких авторов, как Э. Садовая, В. Ли, Х. Ян, Х. Инь, К. Бюрер, К. Хагист [Sadovaya, 2022; Li, Yang, Yin, 2024; Bühner, Hagist, 2017], проведенные в последние годы, подчеркивают необходимость адаптации образовательных систем и программ профессиональной подготовки к новым условиям рынка труда. В статье О. Дигилиной, И. Тесленко рассматриваются подходы к развитию цифровых компетенций у студентов и работающих профессионалов. Авторы предлагают внедрение программ непрерывного обучения и повышение гибкости образовательных систем для обеспечения соответствия требованиям цифровой экономики [Дигилина, Тесленко, 2019].

Д. Аджемоглу, Д. Аутор, Ч. Бансак, К.А. Бендер и др. сходятся во мнении, что цифровая трансформация неизбежно приведет к глубоким изменениям на рынке труда [Acemoglu, Autor, 2011; Bansak, Bender, Coon, 2021]. Однако для минимизации негативных последствий и максимального использования возможностей, которые она предоставляет, необходимо активное участие всех заинтересованных сторон – государства, бизнеса и системы образования.

Литературный обзор, основанный на статьях российских и зарубежных ученых О. Тихомировой, Е. Козловой, Д. Аджемоглу, П. Рестрепо, М. Зуо, Ю. Чжао и др. [Тихомирова, 2019; Козлова, 2020; Acemoglu, Restrepo, 2018; Zuo, Zhao, Yu, 2024], демонстрирует как положительные, так и отрицательные аспекты цифровизации рынка труда. Хотя цифровые технологии способствуют созданию новых рабочих мест и повышению доходов, они также порождают вызовы, связанные с социальным неравенством и нестабильностью трудовых отношений. Для успешной адаптации к этим изменениям необходимо разработать стратегии, направленные на развитие цифровых компетенций и обеспечение социальной защиты работников.

Исследования М. Цзо, С. Сун, Б. Халина, Г. Черновой, Ж. Рахметулиной, А. Урекешовой и др. показывают, что цифровизация способствует созданию новых рабочих мест, особенно в высокотехнологичных отраслях [Zuo, Song, Yu, 2023; Халин, Чернова, 2018; Rakhmetulina, Urekeshova, Aidarova, 2022]. Внедрение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и робототехники снижает производственные издержки, что приводит к росту реальных доходов населения и увеличению спроса на товары и услуги. В свою очередь, это стимулирует создание новых рабочих мест, в том числе в новых профессиях. Например, исследование 27 европейских стран за период 1999–2010 гг. показало, что технологические инновации привели к созданию до 11,6 млн. рабочих мест. В Испании увеличение инвестиций в ИКТ на 1 % вызвало рост занятости на 0,018–0,019 % и реальной заработной платы – на 0,013–0,014 % [Gregory, Salomons, Zierahn, 2016].

Несмотря на опасения по поводу массового высвобождения рабочих мест, исследования показывают, что влияние автоматизации и цифровизации на сокращение занятости в некоторых случаях ограничено. Например, внедрение роботов в больницах Норвегии и Шотландии привело к незначительному сокращению рабочих мест из-за дороговизны оборудования и необходимости постоянного человеческого контроля. Также отмечается, что процесс автоматизации протекает неравномерно по странам с концентрацией использования промышленных роботов в пяти странах (Китай, Республика Корея, Япония, США и Германия), на которые приходится 74 % мировых продаж роботов [Islam, 2018].

Существуют и негативные сценарии, при которых цифровизация приводит к значительному сокращению рабочих мест, особенно в развивающихся странах. В США исследование показало, что 47 % рабочих мест имеют высокий риск автоматизации в течение ближайших двух десятилетий, что может привести к значительному снижению занятости, особенно в низкоквалифицированных сегментах рынка труда [Acemoglu, Restrepo, 2020].

Зарубежные и российские исследования по теме трансформации рынка труда в условиях цифровизации показывают наличие как позитивных, так и негативных эффектов. В то время как цифровые технологии создают новые возможности для занятости, они также порождают вызовы, связанные с возможным сокращением рабочих мест и необходимостью адаптации к новым условиям. Необходимы дальнейшие исследования для более точного прогнозирования последствий цифровизации и разработки стратегий по минимизации негативных эффектов на рынок труда.

### **Результаты исследования и дискуссия**

#### **Влияние цифровизации образования на трансформацию компетенций на рынке труда**

Цифровизация образования оказывает значительное влияние на трансформацию компетенций на рынке труда, приводя к изменению требований к профессиональным навыкам и знаниям. Так, цифровизация образовательного процесса стимулирует развитие так называемых «цифровых компетенций» – знаний и умений, необходимых для эффективного использования современных технологий. В статье Р. Крамаренко, М. Бурка-Войку, Д.-К. Дабижа подчеркивается, что цифровизация обучения приводит к необходимости включения в образовательные программы таких дисциплин, как программирование, анализ данных и кибербезопасность. Эти навыки становятся важнейшими для успеха на современном рынке труда, где цифровые технологии играют ключевую роль [Cramarencu, Burca-Voicu, Dabija, 2023].

Исследование Д.Р. Асокан, Ф.А. Хака, К.М. Смита и др. показало, что цифровизация меняет акценты в профессиональных навыках. В то время как ранее основное внимание уделялось техническим и специализированным знаниям, теперь акцент смещается на навыки междисциплинарного взаимодействия, критического мышления и управления проектами, особенно в условиях удаленной работы. Это связано с тем, что цифровая среда требует от работников не только технической грамотности, но и способности к гибкости и адаптации к быстро меняющимся условиям [Asokan, Huq, Smith, Stevenson, 2022].

Современный рынок труда требует от специалистов не только первоначальной подготовки, но и постоянного обновления знаний и навыков. Цифровизация образования делает возможным внедрение гибких форматов обучения, таких как онлайн-курсы и программы повышения квалификации, что способствует развитию концепции непрерывного обучения. В статье А.А. Давидеску, С.-А. Апосту, А. Пола и др. указывается, что доступ к онлайн-обучению позволяет работникам быстрее адаптироваться к изменениям на рынке труда и поддерживать свою конкурентоспособность [Davidescu, Apostu, Paul, Casuneanu, 2020].

Однако цифровизация образования также может усугубить неравенство на рынке труда. А. Фредстрем, В. Париды и Дж. Винсент и др. отметили, что доступ к цифровым технологиям и возможностям обучения неравномерен, особенно в развивающихся странах. Это приводит к тому, что работники из регионов с низким уровнем доступа к технологиям оказываются в невыгодном положении на рынке труда, где цифровые компетенции становятся все более важными [Fredström, Parida, Wincent, Sjödin et al., 2022].

Цифровизация уже сейчас значительно изменяет систему образования, внедряя новые технологии и методы обучения, которые сделают образовательный процесс более доступным, гибким и персонализированным (табл. 1). Таким образом, цифровизация трансформирует систему образования, делая её более адаптивной к нуждам общества и рынка труда, а также увеличивая её доступность и качество, при этом трансформируя существующие компетенции персонала во всех странах. Однако вместе с этими изменениями возникают и вызовы, такие как необходимость защиты данных, обеспечение кибербезопасности и предотвращение цифрового неравенства. Цифровые компетенции становятся все более важными на современном рынке труда, и они охватывают широкий спектр навыков, необходимых для успешной работы в условиях цифровой экономики (табл. 2).

Таблица 1  
Table 1

Аспекты цифровизации системы образования  
Aspects of digitalization of the education system

Аспект изменения	Описание
Доступность и инклюзивность	Цифровые технологии расширяют доступ к образованию, делая его доступным для студентов в удаленных или сельских районах через онлайн-курсы и виртуальные классы.
Персонализация обучения	Искусственный интеллект и анализ данных позволяют создавать адаптивные программы, которые подстраиваются под индивидуальные потребности и темпы обучения каждого учащегося.
Развитие новых компетенций	Включение в учебные программы новых навыков, таких как работа с большими данными, программирование и цифровая грамотность, чтобы подготовить студентов к современному рынку труда.
Гибкость форматов обучения	Поддержка различных форматов обучения, таких как смешанное и онлайн-обучение, что дает возможность выбора удобного формата взаимодействия, улучшая баланс между учебой и личной жизнью.
Автоматизация административных процессов	Внедрение цифровых систем управления, автоматизирующих процессы, такие как регистрация студентов, управление расписанием и оценка результатов, что снижает бюрократическую нагрузку.
Повышение интерактивности и вовлеченности	Виртуальная и дополненная реальность, геймификация и интерактивные симуляции делают обучение более увлекательным, способствуя лучшему усвоению материала.
Открытый доступ к образовательным ресурсам	Доступ к онлайн-библиотекам, базам данных и открытым образовательным ресурсам (OER), что способствует равенству в образовании и использованию лучших мировых практик.

Примечание. Составлено авторами.

Таблица 2  
Table 2

Ключевые цифровые компетенции, важные для современного рынка труда  
Key digital competencies important for the modern labor market

Цифровая компетенция	Описание
Цифровая грамотность	Навыки работы с компьютерами, навигация в интернете, использование цифровых устройств.
Программирование и разработка	Навыки кодирования (Python, Java, C++), разработка веб-приложений (HTML, CSS, JavaScript).
Анализ данных	Обработка больших данных (Big Data), визуализация данных (Tableau, Power BI, Google Data Studio).
Кибербезопасность	Защита данных и информационных систем, управление рисками в области информационной безопасности.
Облачные вычисления	Работа с облачными платформами (AWS, Microsoft Azure, Google Cloud), управление данными и приложениями.
Цифровое проектное управление	Использование инструментов управления проектами (Asana, Trello, Jira), аджайл-методологии (Agile).
Искусственный интеллект и ML	Знание основ искусственного интеллекта и машинного обучения, работа с алгоритмами и интеллектуальными системами.
Цифровые коммуникации	Виртуальное сотрудничество (Zoom, Slack, Microsoft Teams), цифровой маркетинг (SEO, SMM, контекстная реклама).

Примечание. Составлено авторами.

Эти компетенции становятся важными практически во всех секторах экономики, поскольку цифровые технологии проникают во все аспекты жизни и работы. Успешная карьера в цифровую эпоху требует постоянного обновления этих навыков и способности адаптироваться к быстро меняющимся условиям на рынке труда.



Цифровизация оказывает мощное воздействие на развитие рынка труда, приводя к значительным изменениям в структуре занятости, востребованности профессий и требованиях к навыкам работников. В этом контексте выделяются несколько ключевых факторов, которые формируют современные тренды на рынке труда (табл. 3).

Таблица 3  
Table 3

Факторный анализ развития рынка труда в контексте цифровизации  
 Factor analysis of labor market development in the context of digitalization

Фактор	Описание
Технологический прогресс	<i>Автоматизация и роботизация:</i> внедрение автоматизированных систем заменяет рутинные задачи, снижая спрос на низкоквалифицированный труд и создавая спрос на специалистов по обслуживанию и программированию. <i>Искусственный интеллект (AI) и машинное обучение:</i> автоматизация аналитических задач снижает потребность в некоторых профессиях, но повышает спрос на разработчиков AI-систем.
Изменение структуры занятости	<i>Рост доли высокотехнологичных профессий:</i> IT, кибербезопасность, разработка ПО и анализ данных становятся ключевыми драйверами занятости. <i>Снижение доли традиционных профессий:</i> автоматизация снижает занятость в промышленности, сельском хозяйстве и транспорте.
Глобализация и удаленная работа	<i>Увеличение мобильности и гибкости:</i> возможность работы из любой точки мира способствует развитию фриланса и увеличивает глобальную конкуренцию. <i>Размывание границ рабочего времени:</i> удаленная работа размывает границы между рабочим и личным временем, что может привести к выгоранию сотрудников.
Изменение требований к квалификации и образованию	<i>Переход к цифровым компетенциям:</i> на первый план выходят программирование, анализ данных, цифровой маркетинг и управление проектами. <i>Непрерывное обучение:</i> постоянное обновление знаний и навыков становится важнейшей составляющей профессионального развития.
Социальные и экономические последствия	<i>Рост неравенства:</i> высококвалифицированные работники получают доступ к высокооплачиваемым рабочим местам, тогда как неквалифицированные сталкиваются с сокращением возможностей. <i>Изменение форм занятости:</i> развитие цифровых платформ ведёт к росту нестандартных форм занятости, таких как фриланс и гиг-экономика, что снижает социальную защищённость работников.

Источник: составлено авторами.

В целом же цифровизация образования оказывает комплексное влияние на трансформацию компетенций на рынке труда, способствуя развитию цифровых навыков, гибкости и непрерывного обучения, но также порождая новые вызовы, связанные с неравенством доступа к образовательным ресурсам. Для успешной адаптации к этим изменениям необходимо внимание как со стороны образовательных учреждений, так и работодателей, что позволит минимизировать негативные последствия и максимизировать пользу от цифровизации.

**Анализ рынка труда г. Санкт-Петербурга в контексте цифровизации**

Настоящее исследование посвящено анализу основных показателей рынка труда Санкт-Петербурга, основанному на данных платформ «Работа России», «Head Hunter» и «Superjob» [Платформа «Работа России», 2024; Платформа «Head Hunter», 2024; Платформа «Superjob», 2024].

В таблице 4 отражены основные показатели рынка труда города Санкт-Петербурга на сентябрь 2024 года, основанные на данных платформ «Работа России», «HeadHunter» и «Superjob», включая основные показатели и выявленные тенденции на основе данных ведущих платформ для поиска работы.

Таблица 4  
Table 4

Сводная информация о текущем состоянии рынка труда в Санкт-Петербурге  
Summary information on the current state of the labor market in St. Petersburg

Показатель	Значение	Комментарий
Численность населения	5 600 044 чел.	Население Санкт-Петербурга на сентябрь 2024 года.
Количество активных вакансий	100 413	Превышение предложений над спросом в 1,5 раза.
Количество активных резюме	65 757	Сравнение с количеством вакансий демонстрирует высокий спрос на работу.
Индекс Фраучи Санкт-Петербурга	15,27	Ниже среднего по стране (22,5) на 7,23 пункта (указывает на сложность поиска работ).
Индекс активности работодателей	151,86	Выше среднего по стране на 51,86 пункта. Высокая активность в публикации вакансий.
Индекс активности соискателей	223,73	Вдвое выше среднего по стране, свидетельствует о высокой конкуренции среди соискателей.
Средняя предлагаемая зарплата	78 848,54 руб.	На 24 % выше средней по стране и выше ожиданий соискателей.
Средняя ожидаемая зарплата соискателей	71 898,01 руб.	Ниже средней предлагаемой зарплаты работодателями.
Топ-вакансии	Менеджеры, инженеры, специалисты	Указывает на высокий спрос в этих профессиях.
Топ-резюме	Руководители, работники медицины	Отражает несоответствие между спросом и предложением на рынке труда.

Примечание. Составлено авторами.

На конец сентября 2024 г. численность населения Санкт-Петербурга составляет 5 600 044 человека. Количество активных вакансий – 100 413, а резюме – 65 757, что демонстрирует превышение предложений над спросом в 1,5 раза. Индекс Фраучи Санкт-Петербурга составляет 15,27, что ниже среднего по стране (22,5) на 7,23 пункта. Это говорит о сложности поиска работы для соискателей в городе по сравнению со средним уровнем в России. Индекс активности работодателей – 151,86, что выше среднего по стране на 51,86 пункта. Это указывает на высокую активность работодателей в публикации вакансий. Индекс активности соискателей равен 223,73, что вдвое превышает средний показатель по России, свидетельствуя о высокой конкуренции соискателей. Средняя предлагаемая зарплата в Санкт-Петербурге – 78 848,54 руб., что выше ожиданий соискателей (71 898,01 руб.), в то же время эта цифра на 24 % больше средней предлагаемой зарплаты по стране. Топ-вакансии в городе включают менеджеров, инженеров и специалистов, тогда как среди резюме лидируют руководители и работники медицины, что отражает определенное несоответствие между спросом и предложением.

Распределение численности по категориям на рынке труда в Санкт-Петербурге по итогам 2023 г. представлено на рис. 1.

За 2023 г. численность рабочей силы в Санкт-Петербурге составила 3 265,5 тыс. чел., из которых 3 215,9 тыс. человек были заняты, а 49,6 тыс. чел. – безработные. В конце января 2024 года потребность в работниках составила 51 226 вакансий, из них 57,6 % – по рабочим профессиям. В январе 2024 года наиболее востребованными служащими были программисты,

инженеры различных специальностей, врачи и технологи; среди рабочих – токари, трактористы, наладчики станков с ЧПУ и другие.

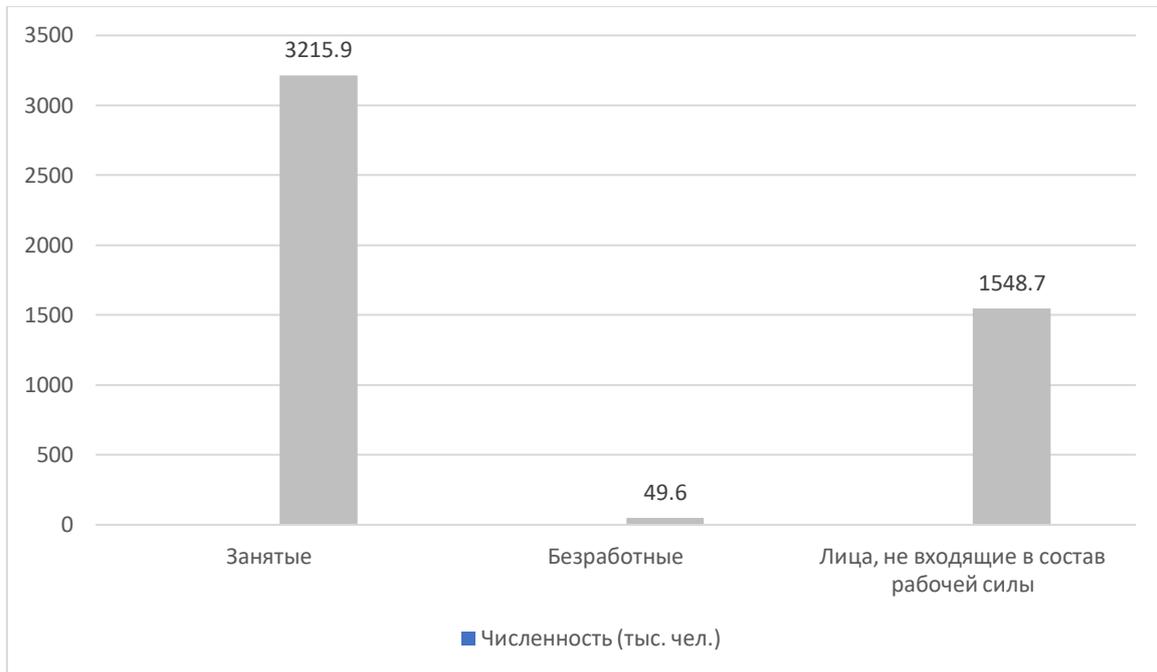


Рис. 1. Распределение численности рабочей силы по категориям на рынке труда в г. Санкт-Петербурге за 2023 год

Fig. 1. Distribution of the workforce by categories in the labor market in St. Petersburg for 2023

Рынок труда г. Санкт-Петербурга характеризуется избыточным предложением вакансий и высокой конкурентностью среди соискателей, что сопровождается относительно высокими зарплатными ожиданиями и предложениями. Показатели активности работодателей и соискателей выше средних по стране, что указывает на динамичность рынка, хотя сложности в трудоустройстве остаются актуальными. Цифровизация и автоматизация способствуют большей доступности актуальной информации о рынке, однако требуют дальнейшего развития для оптимизации соответствия между спросом и предложением.

### Прогнозирование распределения занятых на рынке труда в г. Санкт-Петербурге до 2030 года

Для создания прогноза распределения численности по категориям на рынке труда в г. Санкт-Петербурге до 2030 года использован метод экстраполяции на основе исторических данных и трендов. В данном случае мы используем линейную экстраполяцию, предполагая, что текущие тренды сохранятся в будущем. Используются исторические данные о численности занятых, безработных и лиц, не входящих в состав рабочей силы за последние годы (с 2010 по 2023 год). Для упрощения взяты текущие данные за 2023 год и предыдущие года (2020–2023 гг.) для оценки трендов. На основе вычисленных темпов роста или снижения среднегодовых темпов изменения для каждой категории (занятые, безработные, лица, не входящие в состав рабочей силы). Построение линейных моделей для прогноза численности по каждой категории до 2030 года. Затем проводится оценка возможных факторов, которые могут повлиять на достоверность прогноза (например, экономические кризисы, изменение политики занятости, демографические изменения).

Прогноз численности по категориям на рынке труда г. Санкт-Петербурге до 2030 года представлен в табл. 5. Прогноз составлен на основе исторических данных и линейной экстраполяции. Авторами были рассчитаны прогнозные значения численности занятых, безработных и лиц, не входящих в состав рабочей силы до 2030 года.

Таблица 5  
Table 5Прогноз численности рабочей силы по категориям на рынке труда  
г. Санкт-Петербурга до 2030 года  
Forecast of the labor force by categories in the labor market of St. Petersburg until 2030

Год	Занятые (тыс. чел.)	Безработные (тыс. чел.)	Лица, не входящие в состав рабочей силы (тыс. чел.)
2023	3215,9	49,6	1548,7
2024	3220,90	45,60	1553,70
2025	3226,17	42,18	1559,81
2026	3231,44	38,76	1565,92
2027	3236,71	35,34	1572,03
2028	3241,98	31,92	1578,14
2029	3247,25	28,50	1584,25
2030	3252,52	25,08	1590,36

Примечание. Составлено авторами

Прогноз показывает умеренный рост численности занятых в экономике г. Санкт-Петербурга с 3215,9 тыс. чел. в 2023 году до 3252,52 тыс. чел. в 2030 году. Это увеличение связано с несколькими факторами. Так, рост экономики г. Санкт-Петербурга способствует созданию новых рабочих мест, особенно в высокотехнологичных секторах, таких как информационные технологии, финансы и медицина. Также имеет место увеличение численности трудоспособного населения в результате улучшения качества жизни и медицинских услуг. Прогнозируемое снижение числа безработных с 49,6 тыс. чел. в 2023 году до 25,08 тыс. чел. в 2030 году указывает на стабилизацию рынка труда, т. к. развитие бизнеса и активная политика по привлечению инвестиций создают больше рабочих мест, что способствует снижению безработицы. Программы по развитию цифровых компетенций и непрерывного обучения помогают работникам соответствовать требованиям современного рынка труда.

Численность лиц, не входящих в состав рабочей силы, также прогнозируется с ростом с 1548,7 тыс. чел. в 2023 году до 1590,36 тыс. чел. в 2030 году в связи с тем, что возрастная структура населения меняется, увеличивается доля пожилых людей, выходящих на пенсию, а также увеличивается число людей, которые выбирают обучение или другие формы деятельности вместо участия в экономике.

Прогноз демонстрирует, что рынок труда г. Санкт-Петербурга будет продолжать стабильно развиваться до 2030 года, характеризуясь ростом числа занятых и снижением уровня безработицы. Однако одновременно с этим будет расти численность людей, не участвующих в трудовой деятельности, что связано с демографическими изменениями и изменением предпочтений населения.

Для поддержания положительных трендов на рынке труда важными направлениями остаются: продолжение поддержки программ переподготовки и повышения квалификации, активное привлечение инвестиций в инновационные отрасли, учет демографических изменений и адаптация экономической политики под новые условия. Эти выводы подчеркивают важность стратегического планирования и адаптивной политики в области занятости для поддержания стабильного экономического роста в регионе.

Цифровизация существенно изменяет требования к квалификации работников во всех отраслях экономики г. Санкт-Петербурга. Эти изменения охватывают не только технические навыки, но и навыки межличностного взаимодействия, управления и адаптивности. В табл. 6 представлены ключевые направления, по которым цифровизация влияет на требования к квалификации занятых на рынке г. Санкт-Петербурга.

Таблица 6  
 Table 6

Направления, по которым цифровизация влияет на требования к квалификации занятых на рынке труда г. Санкт-Петербурга  
 Areas in which digitalization influences the requirements for qualifications of those employed in the labor market of St. Petersburg

Направление изменений	Описание влияния
Рост значимости цифровых навыков	<i>Техническая грамотность</i> : необходимость владения основными цифровыми инструментами и программным обеспечением.
	<i>Программирование и анализ данных</i> : знание языков программирования (Python, R) и инструментов для анализа данных (SQL, Power BI).
	<i>Кибербезопасность</i> : повышенный спрос на специалистов в области защиты данных и управления цифровыми рисками.
Междисциплинарные навыки и адаптивность	<i>Критическое мышление и решение проблем</i> : умение анализировать сложные задачи и находить инновационные решения.
	<i>Гибкость и адаптивность</i> : готовность к постоянному обучению и адаптации к новым условиям.
	<i>Междисциплинарное взаимодействие</i> : навыки работы в междисциплинарных командах.
Развитие мягких навыков (soft skills)	<i>Коммуникация и сотрудничество</i> : эффективное взаимодействие в виртуальных командах с использованием цифровых инструментов.
	<i>Лидерство и управление проектами</i> : умение управлять цифровыми проектами, использовать гибкие методологии (Agile, Scrum).
	<i>Эмоциональный интеллект</i> : важность управления эмоциями и эффективного взаимодействия с людьми.
Непрерывное обучение и повышение квалификации	<i>Lifelong learning (непрерывное обучение)</i> : необходимость регулярного обновления знаний и навыков.
	<i>Сертификация и специальные программы</i> : повышение значимости программ сертификации в облачных областях облачных технологий, кибербезопасности и аналитики данных.

Примечание. Составлено авторами.

Цифровизация требует от работников овладения новыми компетенциями и постоянного обновления знаний. Работодатели будут искать специалистов, способных работать с цифровыми инструментами, анализировать большие объемы данных, управлять проектами в условиях изменений и эффективно взаимодействовать в междисциплинарных командах. В то же время успех на рынке труда будет зависеть от готовности работников к непрерывному обучению и развитию мягких навыков, необходимых для работы в цифровую эпоху.

### Заключение

Исследование показало, что цифровизация оказывает значительное влияние на структуру занятости и требования к квалификации работников в г. Санкт-Петербурге. Рост спроса на высококвалифицированные профессии в области информационных технологий, анализа данных и кибербезопасности сопровождается снижением потребности в традиционных низкоквалифицированных профессиях.

В условиях цифровой экономики на первый план выходят такие навыки, как программирование, анализ данных, цифровой маркетинг и управление проектами с использованием цифровых инструментов. Работники, не обладающие этими навыками, сталкиваются с риском потери конкурентоспособности на рынке труда.

Прогнозы до 2030 года показывают умеренный рост численности занятых в г. Санкт-Петербурге и снижение уровня безработицы. Это связано с развитием высокотехнологичных

секторов экономики, что способствует созданию новых рабочих мест. Цифровизация способствует росту социального неравенства, поскольку высококвалифицированные работники получают доступ к более высокооплачиваемым рабочим местам, тогда как неквалифицированные работники сталкиваются с сокращением возможностей занятости. Кроме того, развитие нестандартных форм занятости, таких как фриланс и гиг-экономика, требует пересмотра подходов к социальной защите работников. Быстрые технологические изменения подчеркивают важность концепции непрерывного образования (Lifelong learning) для поддержания конкурентоспособности на рынке труда. Работники должны быть готовы к постоянному обновлению своих знаний и навыков, чтобы соответствовать новым требованиям цифровой экономики.

Цифровизация представляет собой мощный драйвер изменений на рынке труда, приводя к трансформации как структуры занятости, так и требований к квалификации работников. В г. Санкт-Петербурге, как и в других крупных городах, эти изменения проявляются через рост спроса на высокотехнологичные профессии, снижение уровня безработицы и увеличение числа людей, не входящих в состав рабочей силы. Для успешной адаптации к этим изменениям необходимы комплексные меры, направленные на развитие цифровых компетенций среди работников, поддержку непрерывного обучения и адаптацию систем социальной защиты к новым условиям. Государство, образовательные учреждения и бизнес должны сотрудничать для создания устойчивой и инклюзивной экономики, где каждый работник будет иметь возможности для профессионального роста и развития. Таким образом, исследование подчеркивает важность стратегического планирования и гибкости в политике занятости и образования, что позволит г. Санкт-Петербургу успешно адаптироваться к вызовам и возможностям цифровой эпохи.

#### Список источников

- Обзор рынка AI в России. 2022 // Российский союз промышленников и предпринимателей. URL: <https://rspp.ru/activity/industry/digitalization-and-ict> (дата обращения: 12.09.2024).
- Платформа «Работа России». URL: <https://trudvsem.ru> (дата обращения: 13.09.2024).
- Платформа «HeadHunter» (HH.ru). URL: <https://hh.ru> (дата обращения: 22.09.2024).
- Платформа «Superjob». URL: <https://www.superjob.ru> (дата обращения: 20.09.2024).
- Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2024 год, 2021 // Министерство экономического развития Российской Федерации. URL: <https://economy.gov.ru/material/directions/makroekonomika/prognozy/> (дата обращения: 11.09.2024).
- Bansak C., Bender K.A., Coon M., 2021. The Political Economy of Skilled Workers and Innovation. In K.F. Zimmermann (ed.), *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics*. Springer, Cham: 1–33. DOI: 10.1007/978-3-319-57365-6\_225-1. URL: <https://hdl.handle.net/2164/22430>
- Bührer C., Hagist C.D., 2017. The Effect of Digitalization on the Labor Market. The Palgrave Handbook of Managing Continuous business Transformation: 115–137. DOI: 10.1057/978-1-137-60228-2\_5. URL: [https://www.researchgate.net/publication/312385159\\_The\\_Effect\\_of\\_Digitalization\\_on\\_the\\_Labor\\_Market](https://www.researchgate.net/publication/312385159_The_Effect_of_Digitalization_on_the_Labor_Market).
- Forecast: AI Business Value Worldwide, 2022–2025. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-forecast-ai-business-value-worldwide> (дата обращения: 13.09.2024).
- Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020> (дата обращения: 23.09.2024).
- Global Digital Transformation Survey 2022. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/upskilling/global-digital-workforce-report-2022.html> (дата обращения: 23.09.2024).
- Global Cybersecurity Trends, 2022. URL: <https://cybersecurityventures.com/cybersecurity-trends-2022/> (дата обращения: 03.09.2024)
- Global Innovation Index 2021 // World Economic Forum. URL: <https://www.weforum.org/reports/global-innovation-index-2021> (дата обращения: 13.09.2024).
- Rakhmetulina Zh. B., Urekeshova A.B., Aidarova A.B., 2022. Labor market in the context of digitalization. *Bulletin of Turan University*. DOI: 10.46914/1562-2959-2022-1-4-130-142. URL: [https://www.researchgate.net/publication/366610416\\_Labor\\_market\\_in\\_the\\_context\\_of\\_digitalization](https://www.researchgate.net/publication/366610416_Labor_market_in_the_context_of_digitalization)

- World population Review. URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/global-innovation-index-by-country> (дата обращения: 23.09.2024).
- World Competitiveness Center. URL: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/> (дата обращения: 13.09.2024).
- Zuo M., Zhao Y., Yu S., 2024. Industrial robot applications and individual migration decision: evidence from households in China. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11. URL: <https://www.nature.com/articles/s41599-024-03542-z>
- Zuo M., Song X., Yu S., 2023. Industrial Robot Applications and Individual Migration Decision: Evidence from Households in China. *SSRN*, 26 p. URL: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4499277](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4499277).

### Список литературы

- Дигилина О.Б., Тесленко И.Б., 2019. Трансформация рынка труда в условиях цифровизации. *Вестник РГГУ: Сер.: Экономика. Управление. Право*, 4: 166–180. DOI: 10.28995/2073-6304-2019-4-166-180.
- Клавдиенко В.П., 2019. Трансформация структуры занятости населения в условиях цифровизации экономики: глобальные тренды и Россия. *Инновации*, 10: 81–87. DOI: 10.26310/2071-3010.2019.252.10.009
- Сенокосова О.В., 2018. Риски цифровизации рынка труда России. Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками, 3: 237–242.
- Тихомирова О.Г., 2019. Технологическое предпринимательство и инновационные образовательные технологии в цифровой экономике. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 11-1: 162–167.
- Козлова Е.И., 2020. Влияние цифровизации на рынок труда. *Вестник Челябинского государственного университета, Экономические науки*, 10 (444), 70: 70–77. DOI 10.47475/1994-2796-2020-11008
- Халин В.Г., Чернова Г.В., 2018. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски. *Управленческое консультирование*, 10: 46–63. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63
- Acemoglu D., Autor D., 2011. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *Handbook of Labor Economics*, 4(B): 1043–1171. DOI: 10.1016/S0169-7218(11)02410-5
- Acemoglu D., Restrepo P., 2018. The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment. *American Economic Review*, 108(6): 1488–1542. DOI: 10.1257/aer.20160696
- Acemoglu D., Restrepo P., 2020. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of political economy*, 128: 2188–2244. DOI: 10.1086/705716
- Asokan D. R., Huq F. A., Smith C. M., Stevenson M., 2022. Socially responsible operations in the industry 4.0 era: Post-COVID-19 technology adoption and perspectives on future research. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(13): 185–217. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2022-0069
- Cramarencu R.E., Burca-Voicu M.I., Dabija D.-C., 2023. The impact of artificial intelligence (AI) on employees' skills and well-being in global labor markets: A systematic review. *Oeconomia Copernicana*, 14(3): 731–767. DOI: 10.24136/oc.2023.022
- Davidescu A.A., Apostu S.-A., Paul A., Casuneanu I., 2020. Work flexibility, job satisfaction, and job performance among Romanian employees – implications for sustainable human resource management. *Sustainability*, 12: 6086. DOI: 10.3390/su12156086
- Fredström A., Parida V., Wincet J., Sjödin D., Oghazi P. J.T. F., Change S., 2022. What is the market value of artificial intelligence and machine learning? The role of innovativeness and collaboration for performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 180: 121716. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121716
- Genz S., Janser M., Lehmer F., 2019. The Impact of Investments in New Digital Technologies on Wages – Worker-Level Evidence from Germany. *Journal of Economics and Statistics*, 239: 483–521. DOI: 10.1515/jbnst-2017-0161
- Gregory T., Salomons A., Zierahn U., 2016. Racing with or against the machine? Evidence from Europe. *ZEW – Centre for European Economic Research Discussion Paper*, 16-053. DOI: 10.2139/ssrn.2815469
- Islam I., 2018. Automation and the Future of Employment: Implications for India. *South Asian journal of human resource management*, 5: 234–243. DOI: 10.1177/2322093718802972

- Li W., Yang X., Yin X., 2024. Digital transformation and labor upgrading. *Pacific-Basin Finance Journal*, 83: 102280. DOI: 10.1016/j.pacfin.2024.102280
- Sadovaya E., 2022. Labor Market in the Digital Economy – Prospects for Regulation. *World Economy and International Relations*, 66(10): 102–111. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-10-102-111>

### References

- Digilina O.B., Teslenko I.B., 2019. Transformaciya rynka truda v usloviyah cifrovizacii. [Transformation of the labor market in the context of digitalization]. *Vestnik RGGU: Ser.: Ekonomika. Upravlenie. Pravo [RSUH/RGGU Bulletin. “Economics. Management. Law” Series]*, 4: 166–81. DOI: 10.28995/2073-6304-2019-4-166-180.
- Klavdienko V.P., 2019. Transformaciya struktury zanyatosti naseleniya v usloviyah cifrovizacii ekonomiki: global'nye trendy i Rossiya [Transformation of the employment structure in the digital economy: global trends and Russia]. *Innovacii [Innovations]*, 10: 81–87. DOI: 10.26310/2071-3010.2019.252.10.009.
- Senokosova O.V., 2018. Riski tsifrovizatsii rynka truda Rossii [Risks of digitalization of the Russian labor market]. *Matematicheskoye i komp'yuternoye modelirovaniye v ekonomike, strakhovanii i upravlenii riskami*, 3: 237–242.
- Tikhomirova O.G., 2019. Tekhnologicheskoye predprinimatel'stvo i innovatsionnyye obrazovatel'nyye tekhnologii v tsifrovoy ekonomike [Technological entrepreneurship and innovative educational technologies in the digital economy]. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]*, 11-1: 162–167.
- Kozlova E.I., 2020. Vliyaniye tsifrovizatsii na rynek truda [The Impact of Digitalization on the Labor Market]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta, Ekonomicheskiye nauki*, 10 (444), 70: 70–77. DOI 10.47475/1994-2796-2020-11008.
- Khalin V.G., Chernova G.V., 2018. Cifrovizaciya i ee vliyanie na rossijskuyu ekonomiku i obshchestvo: preimushchestva, vyzovy, ugrozy i riski [Digitalization and Its Impact on the Russian Economy and Society: Advantages, Challenges, Threats and Risks]. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie*, 10: 46–63. DOI 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63.
- Acemoglu D., Autor D., 2011. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *Handbook of Labor Economics*, 4(B): 1043–1171. DOI: 10.1016/S0169-7218(11)02410-5.
- Acemoglu D., Restrepo P., 2018. The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment. *American Economic Review*, 108(6): 1488–1542. DOI: 10.1257/aer.20160696.
- Acemoglu D., Restrepo P., 2020. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of political economy*, 128: 2188–2244. DOI: 10.1086/705716.
- Asokan D. R., Huq F. A., Smith C. M., Stevenson M., 2022. Socially responsible operations in the industry 4.0 era: Post-COVID-19 technology adoption and per-spectives on future research. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(13): 185–217. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2022-0069.
- Cramarencu R.E., Burca-Voicu M.I., Dabija D.-C., 2023. The impact of artificial intelligence (AI) on employees' skills and well-being in global labor markets: A systematic review. *Oeconomia Copernicana*, 14(3): 731–767. DOI: 10.24136/oc.2023.022.
- Davidescu A.A., Apostu S.-A., Paul A., Casuneanu I., 2020. Work flexibility, job satisfaction, and job performance among Romanian employees – implications for sustainable human resource management. *Sustainability*, 12: 6086. DOI: 10.3390/su12156086.
- Fredström A., Parida V., Wincent J., Sjödin D., Oghazi P. J.T. F., Change S., 2022. What is the market value of artificial intelligence and machine learning? The role of innovativeness and collaboration for performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 180: 121716. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121716.
- Genz S., Janser M., Lehmer F., 2019. The Impact of Investments in New Digital Technologies on Wages – Worker-Level Evidence from Germany. *Journal of Economics and Statistics*, 239: 483–521. DOI: 10.1515/jbnst-2017-0161.
- Gregory T., Salomons A., Zierahn U., 2016. Racing with or against the machine? Evidence from Europe. *ZEW – Centre for European Economic Research Discussion Paper*, 16-053. DOI: 10.2139/ssrn.2815469.
- Islam I., 2018. Automation and the Future of Employment: Implications for India. *South Asian journal of human resource management*, 5: 234–243. DOI: 10.1177/2322093718802972
- Li W., Yang X., Yin X., 2024. Digital transformation and labor upgrading. *Pacific-Basin Finance Journal*, 83: 102280. DOI: 10.1016/j.pacfin.2024.102280.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 17.10.2024

Received October 17, 2024

Поступила после рецензирования 18.11.2024

Revised November 18, 2024

Принята к публикации 19.11.2024

Accepted November 19, 2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Пьянкова Светлана Григорьевна**, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия

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

**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, Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

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

**Ергунова Ольга Титовна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

**Olga T. Ergunova**, Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Higher School of Industrial Management, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

**Сомов Андрей Георгиевич**, кандидат экономических наук, старший преподаватель Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

**Andrey G. Somov**, Candidate of Sciences (Economics), Senior Lecturer of the Higher School of Industrial Management, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

УДК 339.56.055

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-839-853

## Внешнеторговая зависимость современной экономики России: тенденции и перспективы развития

Селюков М.В., Шалыгина Н.П.

РАНХиГС – Санкт-Петербург

Россия, 199178, Санкт-Петербург, Средний пр. В.О., д. 57/43

E-mail: Selyukov-mv@ranepa.ru, shalyginanp@mail.ru

**Аннотация.** Внешняя торговля для России всегда была одной из приоритетных сфер в контексте развития отечественной экономики, впрочем, как и для многих современных государств. Возможно ли в будущем сохранить внешнеторговые связи, открытость к интеграции в глобальную систему и в целом рассматривать данную сферу с точки зрения важнейшей составляющей стратегии социально-экономического развития России? Этот вопрос, несомненно, является наиболее актуальным в складывающихся условиях развития отечественной экономики. Подтверждается значимость этого вопроса разнообразием мнений, сценариев и прогнозов развития внешнеторгового потенциала страны в ближайшей и долгосрочной перспективах. Соответственно, носят они в большей степени как положительный, так и отрицательный характер, и включают собственную авторскую аргументацию. Однако все исследуемые и представленные в статье мнения и экспертные заключения по данной тематике схожи в одном – именно сейчас наступает период принятия основополагающих решений, связанных как с развитием экспортного потенциала государства, так и с ориентацией на внутренние потребности, что заставляет решать задачи снижения внешнеторговой зависимости от импортных поставок. Вследствие этого статья посвящена исследованию тенденций и перспектив развития внешней торговли и ее влиянию на отечественную экономику.

**Ключевые слова:** внешняя торговля, внешнеторговый потенциал, внешнеэкономическая деятельность, экспортный потенциал, импортные поставки, экономика, региональная экономика, промышленный комплекс

**Финансирование:** статья выполнена в рамках научно-исследовательской работы РАНХиГС-Санкт-Петербург №124013000703-7 от 30.01.2024 «Внешнеторговая зависимость экономики Санкт-Петербурга от импортных поставок: способность промышленного комплекса Санкт-Петербурга восполнить ключевые для региона товарные позиции за счет роста отечественного производства».

**Для цитирования:** Селюков М.В., Шалыгина Н.П. 2024. Внешнеторговая зависимость современной экономики России: тенденции и перспективы развития. Экономика. Информатика, 51(4): 839–853. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-839-853

---

## Foreign Trade Dependence of the Modern Russian Economy: Trends and Development Prospects

Maksim V. Selyukov, Natalia P. Shalygina

RANEPa St. Petersburg

57/43 Sredny pr. V.O., St. Petersburg 199178, Russia

E-mail: Selyukov-mv@ranepa.ru, shalyginanp@mail.ru

**Abstract.** For Russia, as well as for many other modern states, foreign trade has always been among the priority areas in the context of the domestic economy development. Is it possible to maintain foreign trade relations and remain open to integration into the global system in the future, and in general, to consider this area as the most important component of Russia's socio-economic development strategy? This question is undoubtedly the most relevant in the current conditions of the domestic economy development. The significance of this issue is confirmed by a variety of opinions, scenarios and forecasts for the development of the country's foreign trade potential in the near and long term. Accordingly, they are mostly both positive and

negative in nature and include the authors' own argumentation. However, all the views and expert opinions on this topic studied and presented in the article share one thing in common: now is the time for making fundamental decisions related to both the development of the state's export potential and the focus on domestic needs, which forces us to solve the problems of reducing foreign trade dependence on imports. As a result, the article is devoted to the study of trends and prospects for the development of foreign trade and its impact on the domestic economy.

**Keywords:** foreign trade, foreign trade potential, foreign economic activity, export potential, import supplies, economy, regional economy, industrial complex

**Funding:** the article was written as part of the research work of the RANEPА St. Petersburg No. 124013000703-7 dated 30.01.2024 “Foreign trade dependence of the St. Petersburg economy on import supplies: the ability of the St. Petersburg industrial complex to replenish key commodity positions for the region through the growth of domestic production”.

**For citation:** Selyukov M.V., Shalygina N.P. 2024. Foreign Trade Dependence of the Modern Russian Economy: Trends and Development Prospects. Economics. Information technologies, 51(4): 839–853 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-839-853

---

## Введение

Современная архитектура мировой экономики претерпевает существенную трансформацию, которая, несомненно, связана с рядом политических и экономических шоков, характерных для ее развития в последние десятилетия. Результатом стал новый виток выстраивания между странами торговых барьеров и осуществления санкционной политики, сложные геополитические и геоэкономические мировые тенденции для развития внешнеэкономических связей и внешнеторговых отношений.

Россия с начала «нулевых» старалась выстроить взаимовыгодные внешнеэкономические отношения со всеми странами и, прежде всего, странами Запада, к сожалению, следует признать – не всегда выгодные для себя. Однако результатом внешнеэкономической политики России стал высокий уровень вовлеченности в торгово-экономические процессы как на региональном, так и на международном уровнях. В-первую очередь, хотелось бы здесь остановиться на сфере регулирования торгово-экономических отношений в контексте взаимодействия с международной финансово-кредитной системой (Всемирная торговая организация, Международный валютный фонд и Всемирный банк).

Важным со всех точек зрения в рамках развития региональных внешнеэкономических отношений является создание и функционирование Таможенного союза (ТС) в 2010 году, который позже был преобразован в ЕАЭС.

С 2014 года на Россию оказывается беспрецедентное экономическое и политическое воздействие, это, в свою очередь, нарушает выстроенные торгово-экономические отношения, эффективно работавшие логистические цепочки, взаимовыгодные отношения внешнеторгового сотрудничества, что негативно влияет на внешнеторговые отношения РФ в рамках мирового рынка. В таких сложных условиях Россия начинает выстраивать новые торгово-экономические отношения, искать новых торговых партнеров, создавать эффективные логистические цепочки.

Показав всему миру и, прежде всего, недружественным странам запада способность выстоять и более того, демонстрировать темпы роста под влиянием санкционной политики в 2023 году, российская экономика сейчас закладывает фундаментальные основы для своего будущего развития. Достижение достаточно высоких экономических показателей можно обосновать ростом показателей российской промышленности, а также проводимой работой, направленной на дальнейшее укрепление всесторонних отношений с дружественными странами. Много усилий прилагается для использования национальных валют во внешнеторговых сделках. Произошло сокращение использования доллара США в расчетах между странами с 87 % в 2021 году до 24 % в 2023 году. Также мы наблюдаем увеличение доли расчетов в рублях и юанях – это около 40 % и 33 % соответственно.

Нельзя не отметить, что на добычу полезных ископаемых в 2023 году пришлось всего два процента роста ВВП, а наибольший вклад – 54 процента – внесли несырьевые отрасли. При этом нарушение внешнеэкономических связей, соответственно, снижение эффективности внешнеторговой деятельности, особенно с представителями западного мира, несомненно отражается и на развитии ряда отечественных сфер и секторов экономики. Все это заставляет пересматривать методы и инструменты, совершенствовать управленческие технологии развития отдельных наиболее значимых сфер и отраслей народного хозяйства и в целом экономики России. Прежде всего, складывающаяся ситуация требует понимания в стратегической перспективе, особенно на внешнеэкономическом контуре, куда мы двигаемся и каких результатов хотим достичь, соответственно, заставляет пересмотреть программы и стратегии развития.

Внешняя торговля в настоящее время является одной из приоритетных сфер российской экономики, так как, бесспорно, является источником экономического роста и развития страны. Именно сфера внешнеэкономической деятельности и формирования внешнеэкономических связей требует разработки нового стратегического видения и целей развития, направлений их достижения в долгосрочной перспективе. Конечно, априори все должно быть направлено на увеличение российского торгового оборота с экономическими партнерами и усиление позиций России в международной торговой системе. Однако возможно ли это сейчас, на современном этапе развития международных отношений, или нет? Какие отрасли и сектора экономики следует развивать в контексте их экспортного потенциала, какие внешние рынки в перспективе для отечественного производителя будут актуальны? Повышается также значение вопросов, связанных со снижением внешнеторговой зависимости экономики от импортных поставок, с повышением способности промышленного комплекса России восполнить ключевые для себя товарные позиции именно за счет развития отраслей российской экономики.

Вопросы, связанные с влиянием внешнеэкономической деятельности на развитие российской экономики, всегда привлекали внимание и остаются наиболее значимыми для исследователей в настоящее время. Особенности развития внешнеэкономической деятельности как источника экономического роста России обосновывают в своих трудах А.Ю. Кнобель, А.Н. Спартак, М.А. Баева, Ю.К. Зайцев, А.Д. Левашенко, А.Н. Лощенкова, О.В. Пономарева, К.А. Прока [Кнобель и др., 2019], подчеркивая высокую степень вовлеченности современной экономики России в торгово-экономические процессы как на региональном, так и на международном уровнях, несмотря на ряд политических и экономических шоков, существенно повлиявших на архитектуру мировой экономики.

Проблемы и перспективы развития российской внешнеэкономической деятельности рассматривают в своих трудах М.Н. Толмачев, В.С. Круглов, И.С. Ермилов [Толмачев и др., 2021]. Авторы определяют направления развития и стимулирования внешнеэкономической деятельности, и в первую очередь российского несырьевого экспорта. Особый интерес вызывают исследования А.М. Либмана, в которых анализируются основные факторы сохраняющейся интеграции России в мировую экономику, а также потенциальные изменения в этом отношении в средней в долгосрочной перспективе. При этом подчеркивается, что «несмотря на первоначальные ожидания, введение западных санкций не привело к полной изоляции экономики России. Скорее, произошла переориентация России на торговлю со странами, не поддерживающими санкционный режим, а также переход значительной части внешней торговли России в неформальный сектор» [Либман, 2024].

Особое внимание вопросам влияния внешнеторговой деятельности Российской Федерации на доходы федерального бюджета уделяется в научных исследованиях М.В. Непарко, Н.Ю. Черкасова, в которых конкретизируется роль и значение деятельности таможенных органов Российской Федерации в содействии развитию международной торговли, росту товарооборота, полноте уплаты таможенных платежей, достижению высокого качества таможенного администрирования и т. д. [Непарко, Черкасов, 2022]. В целом финансово-экономические аспекты государственного управления внешнеэкономической деятельностью как важнейшего фактора экономической стабильности и развития России представлены в трудах Н.Б. Балашева, П.О. Еськиной, В.Э. Комова [Балашева, 2023].

На современном этапе глобализационного развития повышается значимость процесса разработки стратегических документов на федеральном уровне во внешнеэкономической деятельности. В научной работе И.В. Манаевой, Ю.Л. Растопчиной представлен ретроспективный анализ формирования системы стратегического планирования в РФ и «представлен обзор национальных стратегических документов, направленных на совершенствование внешнеэкономической деятельности и наращивание экспортного потенциала Российской Федерации» [Манаева, Растопчина, 2022].

Важность развития внешнеторгового (экспортного и импортного) потенциала России как фактора обеспечения экономической безопасности государства рассматривается в научной работе М.В. Селюкова, Н.П. Шалыгиной. Акцентируется внимание, прежде всего, на том, что: «в условиях высокой турбулентности среды функционирования повышается значимость разработки инструментария обеспечения экономической безопасности государства, определения точек роста и социально-экономического развития, среди которых приоритетное место занимает экспортный и импортный потенциал» [Селюков, Шалыгина, 2024].

Оценка значимости импорта для российской экономики, а также определение перспективных отраслей в экономике России для импортозамещения, представлена в научных исследованиях М.В. Азжеуровой [Азжеурова, 2023], Т.А. Оруч [Оруч, 2023]. В целом особенности внешнеторговой зависимости России на федеральном и региональном уровнях представлены в научной работе Е.Ю. Широковой [Широкова, 2022].

Представленный краткий анализ теоретико-методологической разработанности исследуемой проблематики развития внешнеэкономической деятельности и ее влияния на социально-экономическое развитие России обосновывает необходимость дальнейшего изучения и анализа современных особенностей внешнеторговой зависимости отечественной экономики.

### **Объекты и методы исследования**

Внешняя торговля на современном этапе развития мировой экономики является важнейшим источником экономического роста любого государства, старающегося выстроить конкурентную рыночную среду. Как объект исследования внешняя торговля России в последние годы была одной из актуальных сфер экономики. Это связано, прежде всего, с уровнем международных отношений, продолжающейся санкционной политикой, перерастающей в торговую войну, и прочими негативными факторами, которые имеют место быть и сейчас. Однако результаты противостояния экономически развитому западному миру, экономический рост отечественной экономики за отчетный период, переориентация на новые внешние рынки несомненно стали еще большими стимулами научно-исследовательской деятельности в этом направлении.

Разработка инструментария по позиционированию России как одного из лидеров многополярного мира, реализующего собственную национальную повестку развития и обеспечивающего свой экономический, финансовый и технологический суверенитет, повышают значимость оценки внешнеторговой зависимости ее национального хозяйства. В первую очередь, это касается рассмотрения особенностей повышения экспортного потенциала отдельных отраслей и секторов отечественной экономики. А во вторую – исследование внешнеторговой зависимости национальной и региональной экономики от импортных поставок и определение способности отечественного промышленного комплекса восполнить ключевые для региона товарные позиции за счет роста отечественного производства.

Рассматривая вышеописанные выделенные нами аспекты, нельзя не сослаться на теорию международной торговли страны, в соответствии с которой «более активно участвующие в торговых процессах имеют более высокий уровень дохода, так как торговля позволяет им использовать свои сравнительные преимущества, а также получать выгоды от эффекта масштаба, обмена идеями, распространения технологий, которые предоставляет участие в международном обмене товарами и услугами» [Кнобель и др., 2019]. Однако какова

специфика данной теории в нынешних условиях трансформации современной мировой экономики применительно к внешнеторговому потенциалу России?

Традиционные взгляды на исследование потенциала внешней торговли в контексте роста российской экономики чаще всего рассматриваются с точки зрения невысокой доли «несырьевых» товаров в общем объеме экспорта. Однако объем, структура и география экспорта отечественной продукции в последние годы существенно изменились.

Таким образом, исследование и выявление факторов, влияющих на развитие внешнеэкономической деятельности на всех уровнях современной модели российской экономики, определение и оценка внешнеторговой зависимости национального хозяйства, а также направлений стратегических перспектив развития внешней торговли и повышения внешнеторгового потенциала на макро- и микроэкономическом уровнях в условиях формирования нового этапа развития международных отношений обусловили применение общенаучных методов теоретического и эмпирического уровней, среди которых основу в процессе исследования составили методы научного познания, системного анализа (дедукция, индукция, анализ, синтез), графические и статистические методы, системный подход; применялись методы монографического, статистического и компаративного анализа. Перечисленные методы были использованы в различных комбинациях на разных этапах исследования в зависимости от целей и задач.

В качестве исходных массивов статистической информации использовались ретроспективные данные Федеральной таможенной службы, отчеты Министерства экономического развития Российской Федерации, статистика, представленная Федеральной службой государственной статистики РФ, Торгово-промышленной палатой РФ, и другие источники.

### **Результаты и их обсуждение**

Исследование влияния внешней торговли на социально-экономическое развитие государства и оценка внешнеторговой зависимости отечественной экономики в условиях трансформации мировой экономики и миропорядка в целом, а также анализ стратегических перспектив его развития позволил определить ряд положительных и, соответственно, отрицательных моментов – результатов, которые характерны для этой сферы хозяйствования.

Итак, вначале коснемся стратегических документов – фундамента, на котором строится видение и последовательность действий в долгосрочной перспективе конкретного вида деятельности. В первую очередь, это Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 330 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие внешнеэкономической деятельности» [Государственная программа Российской Федерации «Развитие внешнеэкономической деятельности», 2021]. Однако в процессе реализации заявленных стратегических целей возникал ряд проблем, сопряженных с их несогласованностью, вследствие этого программа систематически изменялась и дополнялась и, в связи с глобальными изменениями и трансформацией мировой экономики, данная программа 20 апреля 2022 года утратила свою силу.

Еще одним из важных стратегических документов, который не просто декларирует целевые ориентиры, но и существенным образом на практике помогает отечественным производителям выйти на международный уровень даже в нынешних условиях, является Национальный проект «Международная кооперация и экспорт» [Национальный проект (программа) «Международная кооперация и экспорт», 2018]. Данный проект начал свою реализацию с 2019 года и по сей день остается актуальным, особенно в контексте декларируемой целевой установки – увеличения экспорта несырьевых неэнергетических товаров, увеличения доли экспорта продукции обрабатывающей промышленности, сельскохозяйственной продукции и услуг в валовом внутреннем продукте страны, формирования эффективной системы разделения труда и производственной кооперации в рамках ЕАЭС.

Отметим, что результаты реализации ряда проектов, включенных в вышеописанную национальную программу, к концу 2023 года уже были достаточно высокими. Поэтому появилась идея продления ее до 2030 года, так как с учетом корректировки по направлениям и территориям поддержка предпринимателей может быть ещё эффективнее, как отмечалось экспертным сообществом на форуме «Сделано в России».

Особое внимание следует обратить на составленный Российским экспортным центром рейтинга регионов РФ по внедрению Регионального экспортного стандарта 2.0 за 2023 год. Данный стандарт способствует более качественной оценке внешнеторгового потенциала на местах с точки зрения осуществления экспортной деятельности. Позволяет проанализировать достоинства и недостатки региональных программ развития внешней торговли и в целом сделать вывод об эффективности усилий региональных органов власти. Помимо вышеописанных программ, непосредственно связанных со стратегическим развитием внешнеторгового потенциала РФ, имеют место быть и так называемые отраслевые документы, направленные на увеличение экспортного потенциала конкретной сферы народного хозяйства. Однако общая стратегия, в которой бы были согласованы все целевые ориентиры развития одной из важнейших сфер национальной экономики, находится в данный момент в разработке.

В целом целевые программы и проекты по развитию внешнеэкономической деятельности и внешнеторгового потенциала России внесли существенный вклад в достижение определенных результатов с учетом складывающихся тенденций развития мировой экономики и международных отношений. Однако результаты за отчетный период – 2023 год (рис. 1) – по сравнению с предыдущим периодом не столь впечатляющие, причиной чего стало увеличение импорта (до 285,1 млрд \$) и сокращение экспорта (до 425,1 млрд \$).

Рассматривая экспортный потенциал отечественной экономики, отметим, что в 2023 году Россия по объемам экспорта занимала 18 строчку в мире. Однако необходимо отметить, что объёмы вывозимых товаров в 2023 году значительно снизились по отношению к 2022 году. Основное влияние здесь оказали введенные в отношении РФ санкции и серьезное сокращение мировых цен на нефть.

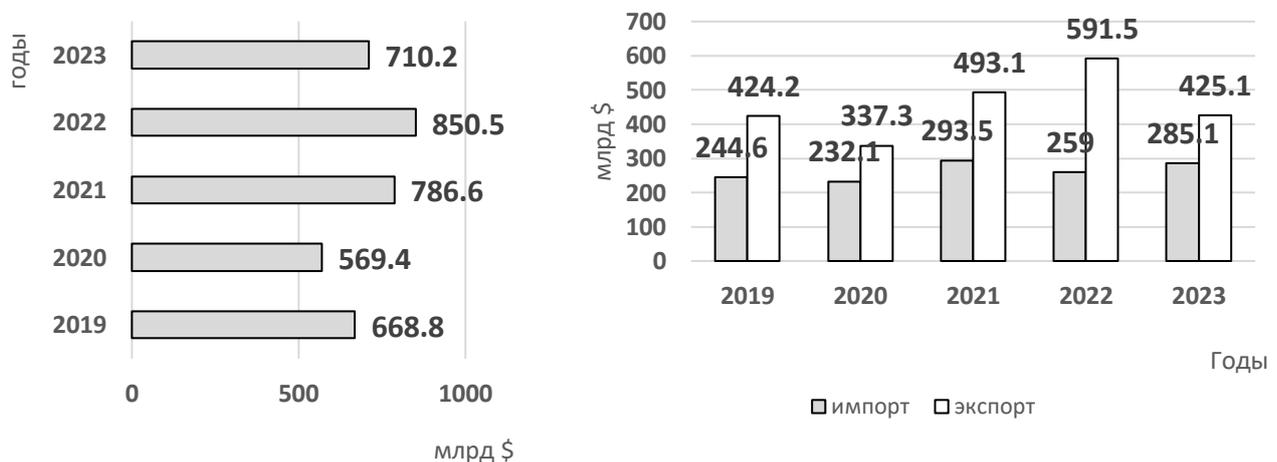


Рис. 1. Динамика и структура внешней торговли России за 2019–2023 гг.

Fig. 1. Dynamics and structure of Russia's foreign trade for 2019–2023

*Примечание.* Составлено авторами по данным [Данные по таможенной статистике внешней торговли Российской Федерации в разрезах товаров, стран, временных периодов (ФТС России), 2024], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

Следует также заметить, что наблюдаемое снижение экспорта произошло за счет резкого снижения торговых операций с европейскими странами, имевшего место в 2023 году. Происходящие негативные изменения проиллюстрированы нами на рисунке 2.



Рис. 2. Внешняя торговля (экспорт/импорт) со всеми странами  
 Fig. 2. Foreign trade (export/import) with all countries

*Примечание.* Составлено авторами по данным [Данные по таможенной статистике внешней торговли Российской Федерации в разрезах товаров, стран, временных периодов (ФТС России), 2024], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

На сегодняшний день для экономики РФ особо важное значение приобретают внешнеторговые отношения с азиатскими странами. По данному направлению отмечается рост экспортных значений на 5,6 %, однако полученные значения явно не соответствуют значениям, которые показывались на европейском рынке. Здесь также можно отметить, что решающее негативное влияние на полученные объемные показатели экспорта оказало снижение цен на нефть, несмотря на значительный рост объемов продаж.

Также, характеризуя рынки, отметим, что значительно изменилась и географическая структура экспортных потоков из РФ. Основным направлением вывоза российских товаров в 2023 году стало азиатское, на его долю приходилось порядка 72 % стоимостного объема экспорта. Объемы экспортных потоков на рынки европейских стран наоборот сократились и составили 20 %. Также отчетливо видна тенденция увеличения доли в общем объеме экспорта РФ африканских стран. В 2023 году их доля составила около 8 %.

Выше мы отметили, что объемы импорта в РФ характеризуются положительной динамикой, отмечается рост порядка 11 %, географические изменения также имеют место быть. Изменяется структура в сторону азиатских стран.

Не раскрывая статистику по товарам, ФТС дала ее по товарным группам. Ожидаемо главной позицией экспорта («61 % общего объема») являются «Минеральные продукты» (в том числе нефть). Объем поставок в этой категории упал в 2023 году на 33,6 % – до \$260,1 млрд. Экспорт сократился и по всем остальным группам товаров за исключением продовольственных и сельскохозяйственных – здесь рост составил 4,3 %, до \$43,1 млрд.

Импорт же «вытянула» прежде всего его главная категория (51 % общего объема) – продукция машиностроения, ввоз которой вырос на 24,1 %, до \$145,8 млрд» [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

Величина экспорта услуг снизилась до 41 млрд долл. (-15 % г/г). В результате превышения импорта над экспортом отрицательный дефицит в торговле услугами составил 34 млрд долл.

Вследствие этого результатом комбинации возросшего импорта и просевшего экспорта явилось уменьшение традиционно положительного для России внешнеторгового баланса до 140 млрд долл. (рис. 3.)

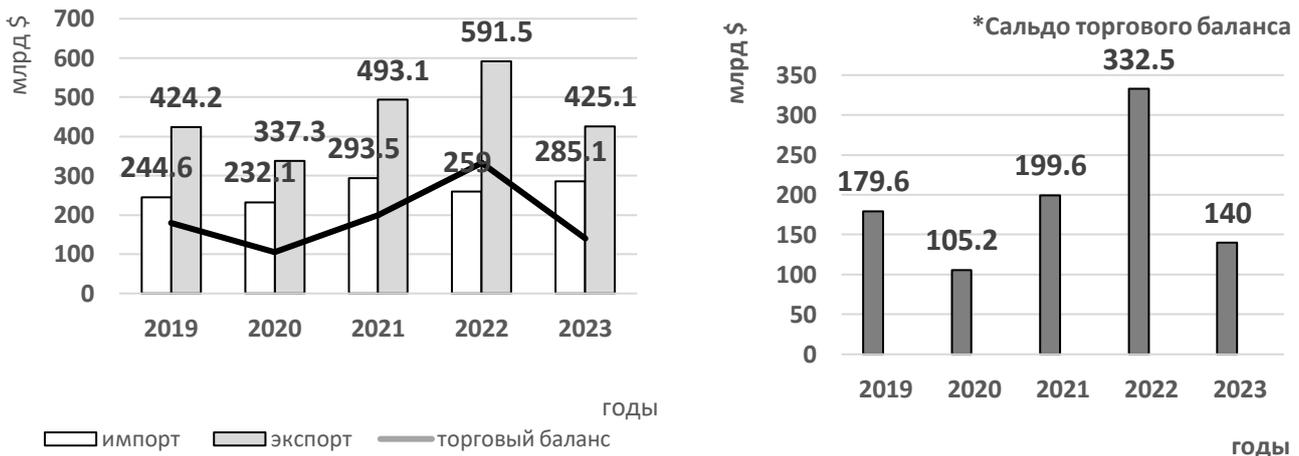


Рис. 3. Внешнеторговый баланс России за 2019–2023 гг.

Fig. 3. Russia's Foreign Trade Balance for 2019–2023

*Примечание.* Составлено авторами по данным [Данные по таможенной статистике внешней торговли Российской Федерации в разрезах товаров, стран, временных периодов (ФТС России), 2024], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

Отметим, что «сальдо показывает, насколько страна самодостаточна или уязвима. Однако данный аспект в последние годы носит дискуссионный характер. Дело в том, что положительное сальдо, т. е. превышение экспорта над импортом, не всегда следует рассматривать положительно. Так и отрицательное сальдо – пассивный баланс – рассматривать как ярко выраженную уязвимость. К числу основных факторов, оказывающих влияние на сальдо торгового баланса в современных условиях хозяйствования, в первую очередь, следует отнести конкурентоспособность товаров страны. Соответственно, также можно отнести и ресурсный потенциал государства, если мы рассматриваем в качестве основных экспортируемых товаров – нефть, газ» [Селюков, Шалыгина, 2024].

Анализируя показатели внешней торговли РФ, необходимо подчеркнуть, что достаточно длительный период экономика РФ являлась экспортно ориентированной. Вследствие этого санкционное давление нарастало с целью нарушения сложившегося соотношения торгового баланса и нанесения наибольшего ущерба экономике страны.

Анализируя представленные выше результаты внешней торговли и их влияние на развитие современной российской экономики, следует особо подчеркнуть тот факт, что по итогам 2023 года доля экспорта в структуре экономики России статистически оказалась рекордно низкой с середины 1990-х годов – 23 %. Таким образом, «на фоне санкционного противостояния внутренний спрос становится более важным» [Толмачев и др., 2021]. Однако качественно удовлетворить внутренний спрос возможно при условии производства качественной продукции, которое зависит от импортных поставок.

Наращивая объемы экспорта, происходит рост обеспечения ВВП, тем самым снижение показателя отрицательно сказывается в том числе и на потенциальных возможностях страны.

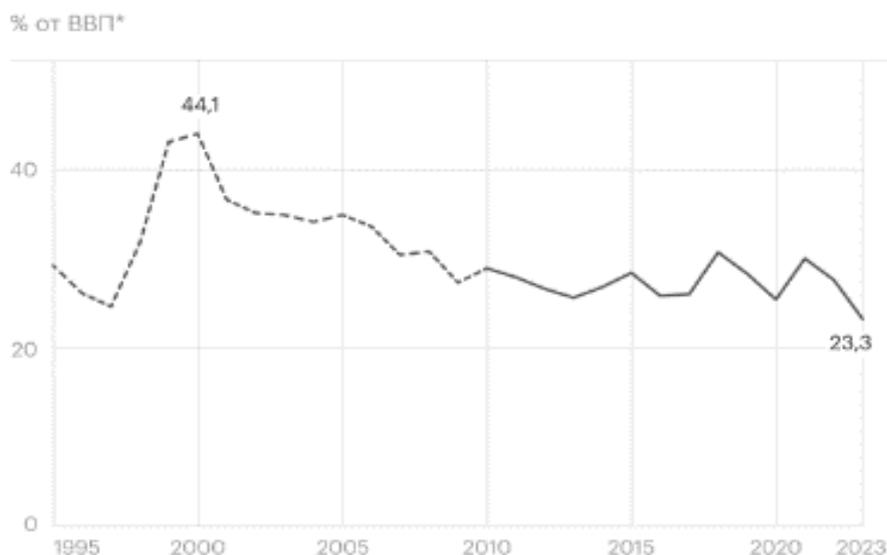


Рис. 4. Доля экспорта в российском ВВП

Fig. 4. Share of exports in Russia's gross domestic product

*Примечание.* Составлено авторами по данным [Данные по таможенной статистике внешней торговли Российской Федерации в разрезах товаров, стран, временных периодов (ФТС России), 2024], [Внешние рынки принесли России минимум, 2024].

В сегодняшних условиях важно понимать, за счет каких факторов происходит сокращение объемов экспорта. В данном случае, экспорт РФ имеет тенденцию к сокращению за счет сокращения импортных поставок на мировой рынок, в основном «минерального сырья». «По оценке Международного валютного фонда, в 2023 году средняя цена нефти на мировом рынке составила \$80,6 за баррель – на 16 % ниже, чем в 2022 году (однако все еще на четверть выше, чем в допандемийных 2018–2019 годах). В 2023 году доля минеральных продуктов (в основном углеводородов) в стоимостном объеме российского экспорта снизилась до 61 против 66 % в 2022 году (но в 2021 году было 56 %), следует из данных ФТС» [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023]. Важно также отметить, что, «В 2011–2014 годах доля минеральных продуктов в российском экспорте превышала 70 %. С 2022 года ФТС не раскрывает показатели внешней торговли в разрезе кодов товарной номенклатуры» [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023], то есть показатели отдельно экспорта нефти, нефтепродуктов или природного газа неизвестны.

Отметим, что поскольку российский экспорт в значительной степени зависит от углеводородов, «отношение экспорта к ВВП может быть очень волатильным. Другими словами, сокращение доли экспорта в ВВП до рекордного минимума связано как с обычными рыночными изменениями, так и с санкционными ограничениями. Так, Евросоюз заявляет, что его санкциями покрыто 61 % импорта из России в ЕС 2021 года, или €95 млрд» [Внешние рынки принесли России минимум, 2024].

Ситуация в первые пять месяцев нового года характеризует в сущности те же тенденции, которые имели место быть ранее (рис. 5). Конечно, следует отметить увеличение по сравнению с аналогичным периодом 2023 года сальдо внешнеторгового баланса на 16,3 %, до \$64,3 млрд.

Подчеркнем тот факт, что по странам по-прежнему статистика торговли закрыта, однако судя по макрорегионам она осталась такой же, как и в 2023 году. В целом экспорт товаров в Европу продолжает сокращаться, в частности, он снизился в январе – мае на 37,4 %, до \$26 млрд. Необходимо отметить, что мы наблюдаем отрицательную динамику показателей экспорта, так как основные его позиции значительно сокращаются, следует отметить, что сокращение коснулось «традиционных» для России вывозимых «нефтепродуктов, никеля, природного газа, удобрений, а также железа и стали» [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

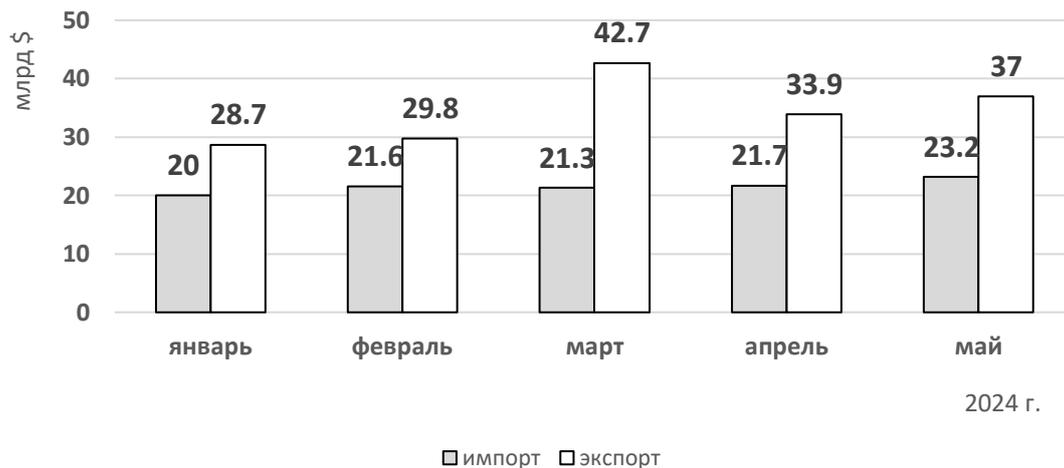


Рис. 5. Динамика и структура внешней торговли России за январь – май 2024 г.  
 Fig. 5. Dynamics and structure of Russia's foreign trade for January – May 2024

*Примечание.* Составлено авторами по данным [Данные по таможенной статистике внешней торговли Российской Федерации в разрезах товаров, стран, временных периодов (ФТС России), 2024], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

Из отчетов ФТС следует, что за пять месяцев 2023 года тенденция снижения импорта в РФ из европейских стран также имеет отрицательную динамику, величина снижения достигла уже 16,6 %, также мы отмечаем заметное снижение и доли России в общем объеме европейского экспорта и импорта, соответственно в 3 и 8 раз.

Анализируя тот же период, но азиатское направление, отмечаем заметный рост экспорта, практически на 10 %, однако, импорт сократился, снижение составило порядка 4 %. Мы можем связать такое снижение реакцией Китая на возможность применения к ним вторичных санкций.

Также, анализируя представленные Главным таможенным управлением КНР данные, отметим, что за пять месяцев 2023 года экспорт китайских товаров в РФ снизился на 1,8 %.

На рисунке 6 представлена динамика экспорта и импорта в разрезе товарных групп за пять месяцев 2023 и, соответственно, 2024 гг.

Из представленных данных мы можем отметить, что в 2024 году произошло незначительное увеличение экспорта на 2,2 % по группе «Минеральные продукты». Все остальные показатели, представленные на рисунке, имеют отрицательную динамику.

В целом за исследуемый период можно увидеть существенные изменения, характеризующие внешнюю торговлю России: по объему, структуре. Если акцентировать внимание на результатах 2023 года, то следует отметить сокращение экспорта в целом и по ряду основных для отечественного экспортного потенциала групп товаров: минеральных продуктов, продукции химической промышленности, металлов и изделий из них и пр. Причины уменьшения нами были названы выше. Соответственно, это сразу отразилось на уменьшении доли экспорта в структуре национальной экономики. Такие же тенденции актуальны и сейчас. Нужно отметить, что положительной тенденцией в 2023 году являлся рост показателей импорта из дружественных стран.

Однако уже в начале 2024 года объем импортируемых товаров сократился по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Все это вызывает дополнительные вопросы, на которые следует ответить в ближайшей перспективе. И первый из них – а сможет ли Россия своим промышленным комплексом удовлетворить потребности ряда производств и заместить импорт продукции, который продолжает сжиматься под напором санкций и повышения значимости внутреннего спроса?

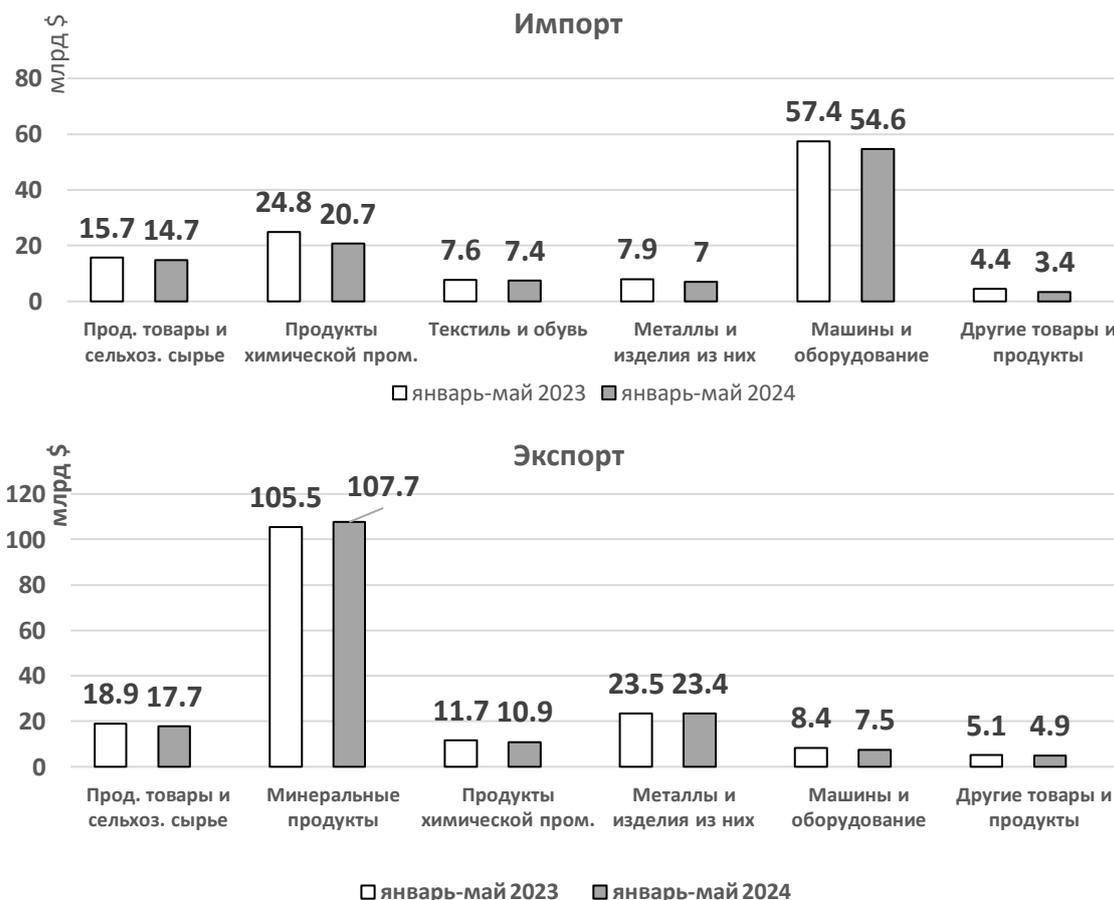


Рис. 6. Внешняя торговля (экспорт/импорт) по группам товаров

Fig. 6. Foreign trade (export/import) by product groups

*Примечание.* Составлено авторами по данным [Данные по таможенной статистике внешней торговли Российской Федерации в разрезах товаров, стран, временных периодов (ФТС России), 2024], [ФТС России раскрыла объем внешней торговли России, 2023].

### Заключение

Итак, внешнеторговая зависимость отечественной экономики на современном этапе ее развития, и даже с учетом всевозможных негативных тенденций, очевидна. Высокий уровень вовлеченности России в торгово-экономические процессы как на региональном, так и на международном уровнях подтверждает данный тезис. В сущности, для любого современного государства, стремящегося эффективно развиваться в социальном и экономическом плане, невозможно оставаться в стороне от международной торговли, международного разделения труда.

С другой стороны, с учетом вышесказанного, повышается значимость определения инструментов развития внешнеторгового потенциала, в части экспорта отечественной продукции на новые рынки сбыта. И, соответственно, нивелирования рисков вследствие зависимости от импорта и формирование действенной политики по импортозамещению.

Несмотря на изменения в структуре внешней торговли, можно утверждать, что в целом национальная экономика России остается экспортно ориентированной, о чем в первую очередь свидетельствует положительное сальдо внешней торговли. В связи с этим считаем важнейшим направлением в контексте внешнеторговой зависимости современной экономики повышение экспортного потенциала России.

Да, произошли изменения, и экспорт сократился за отчетный период исследования, что повлекло уменьшение его доли в ВВП (в 2023 г. экспорт обеспечил только 23,3 % ВВП). Понятны причины этого: геополитические и геоэкономические события последних лет, разработка и реализация новых решений в области развития внутренней экономической политики,

несомненно, влияние промышленной политики стран-конкурентов России на международных рынках и прочее. Но при этом российская экономика выдержала и продолжала развиваться. В контексте вышесказанного необходимо подчеркнуть, что даже при достаточно ощутимом снижении объемов экспорта в 2023 году, все же российская экономика продемонстрировала рост на 3,6 %, и нужно признать – это самый высокий показатель за десятилетие.

Важно отметить, что в конце февраля Центральный Банк России представил два возможных сценариях (прогноза) дальнейшего развития отечественного экспортного потенциала. Первый сценарий представляет собой прогноз сокращения экспорта отечественной продукции, которое будет носить кратковременный характер. Второй – характеризует спад экспорта на более продолжительный период, что заставит часть экспортируемой продукции перенаправить на внутренний рынок. Другими словами, удовлетворение внутреннего спроса будет являться более важным экономическим направлением в перспективе. Судя по результатам первых пяти месяцев 2024 года, второй вариант сценария носит вполне вероятный характер.

Таким образом, переориентация экспорта на внутренние потребности – это характерные черты современной трансформации национальной экономики. Однако здесь тоже возникает достаточно много вопросов. Несмотря на уже заметное изменение в структуре экспортируемой продукции в сторону сложных товаров с высокой добавленной стоимостью, все-таки сейчас сырье занимает ведущую роль. В этой связи сырьевая структура российского экспорта не дает возможности перенаправления значительной части этих товаров на внутренний рынок, так как отсутствует потребность в таком количестве товаров. Важным еще аспектом в этой связи становится импортозависимость отечественного промышленного комплекса и проводимая в России политика импортозамещения, так как ориентация на внутренние потребности будет требовать качественной продукции, для производства которой необходимо современное отечественное оборудование или регулярные и стабильные импортные поставки из числа дружественных стран России.

В целом подчеркнем, что несмотря на вышеописанные возможные сценарии развития ситуации с внешнеторговым потенциалом страны, развитие именно экспортного потенциала страны и соответственно экспорт отечественной продукции предоставит возможность дальнейшему развитию отраслей промышленности, что в конечном итоге приведет к увеличению показателя ВВП страны. В данном случае важно отметить, что для достижения устойчивого роста экономики важно определить, что будет составлять основу российского экспорта.

Результаты, которые были показаны Россией в 2023 году, не должны успокаивать и вселять ложную уверенность в полной победе над санкциями и т. п. Санкционное противостояние, к сожалению, только набирает силу. Однако следует также и констатировать: произошедшая основательная реструктуризация российской внешней торговли позволила создать условия развития количества и повышения эффективности деятельности экспортеров и импортеров в нашей стране.

В целом отметим, что на сегодняшний день результаты внешней торговли позволяют говорить о том, что российская экономика по большому счету справилась с негативным влиянием санкций, направленных на снижение внешнеторгового потенциала России и в целом присутствия российских предприятий и продуктов на мировом рынке.

Однако, несмотря на достигнутые успехи, все же потенциал ряда отраслей отечественной экономики не используется в полной мере и здесь необходима дальнейшая работа, в том числе и связанная с активным привлечением иностранного капитала. И здесь следует вернуться к тезису о необходимости разработки и принятия стратегии развития внешнеэкономической деятельности и внешнеторгового потенциала государства. Нельзя не отметить, что помимо экспертного сообщества и представителей бизнеса в этом заинтересовано и Правительство РФ, о чем свидетельствует проведенная в конце 2023 года стратегическая сессия под руководством М. Мишустина, на которой подчеркивалась важность развития данной сферы и мнения о том, какие цели, сроки и последовательность действий в долгосрочной перспективе будут наиболее эффективны в условиях трансформации мировой экономики. При этом стратегия до сих пор находится в разработке.

В этой связи считаем необходимым сконцентрироваться при разработке стратегического подхода к развитию внешнеторгового потенциала России на следующих целевых отраслях и секторах отечественной экономики, исходя из сегодняшних реалий и перспектив их развития, а также значимости в условиях деглобализации и фрагментации мирового хозяйства.

В складывающихся условиях развития мировой экономики несомненно важно любому государству определить те сферы народного хозяйства, которые в силу ряда факторов составляют или будут формировать в будущем конкурентоспособность национального продукта. На основании вышесказанного, считаем, что для России топливно-энергетический, агропромышленный и военные комплексы должны стать ядром в меняющемся сегодня внешнеэкономическом потенциале, и, по нашему мнению, именно указанные отрасли и должны стать драйвером, движущей силой его диверсификации.

Стратегический подход к развитию экспортного потенциала России во многом связан с пересмотром внешнеэкономических связей и внешнеторговых партнеров, которые складывались десятилетиями. Дружественные страны, или другими словами государства, которые настроены на конструктивный диалог в сфере внешнеторгового сотрудничества, должны составить основу торгового оборота. Уже сейчас неоднократно заявлялся результат, который необходимо достичь, а именно более 90 % должна составить доля дружественных государств (Китай, Индия, Турция и др.) во внешнеторговом обороте к 2030 году. Однако расчеты Минэкономразвития более скромные – до 70 %. Возможно ли достичь заявленный руководством России результат в ближайшие семь лет – хотелось бы ответить положительно. Уже сейчас можно говорить о положительных тенденциях. Все-таки выразим некоторое сомнение в достижении данного результата, которое прежде всего связано с тем, что спрос на российские энергоресурсы со стороны европейских государств (большая часть из которых осуществляют антироссийскую политику) отнюдь не пропадет, а со временем станет еще больше. И тут, если в настоящее время это вопрос политического решения со стороны бывших партнеров, то в ближайшей перспективе он будет лежать в плоскости их экономической независимости и безопасности. Также, по нашему мнению, важно особое внимание уделять тем отраслям экономики, которые будут драйверами в развитии отечественного экспортного потенциала. Однако следует также отметить, что пока именно топливно-энергетический комплекс продолжит составлять основу российского экспортного потенциала.

Отметим, что дискуссии, споры по поводу того, хорошо это или плохо, в сущности, не имеют значения. Это реалии, которые создают условия для отношения к России как важнейшему игроку в системе мирового хозяйства, топливно-энергетический комплекс формировал ранее и укрепляет сейчас конкурентоспособность страны в период масштабной трансформации как мирохозяйственных связей, так и мировой экономики в целом.

Конечно, нельзя не отметить важность изменения структуры экспорта отечественной продукции, в частности в сторону увеличения доли экспортируемых товаров с высокой добавленной стоимостью. Вследствие этого, особое внимание, считаем, следует обратить на военно-промышленный и агропромышленный комплексы как сферы, которые уже сейчас в силу развития международных отношений, глобальных проблем и, что важно в силу своей конкурентоспособной продукции на международном уровне, могут стать стратегической основой внешнеторгового потенциала России.

Авторами отмечаются существенные положительные результаты реализации политики импортозамещения. Однако сельскохозяйственные товаропроизводители до сих пор испытывают острый недостаток финансовых ресурсов для текущей и особенно инвестиционной деятельности (в том числе в области социального обустройства села). При этом главными драйверами прироста экспорта продукции с добавленной стоимостью являются продукты агропромышленного комплекса (мясо, подсолнечное масло и сладости).

Диверсификация экспорта и импорта – это важнейшее стратегическое направление для развития внешнеторгового потенциала России. Меняющиеся реалии на внешнем контуре требуют от России пересмотра подходов во внешнеэкономической деятельности, что включает поиск новых рынков сбыта отечественной продукции и развитие устойчивых взаимоотношений с внешнеторговыми партнерами по Евразийскому экономическому союзу,

СНГ и ШОС, со странами БРИКС, Азиатско-Тихоокеанского региона, Ближнего и Среднего Востока, Африки, Латинской Америки.

Таким образом, возрастает значимость стратегического подхода к развитию внешнеторгового потенциала России и особенно согласования стратегических целей на всех экономических уровнях. По нашему мнению, актуальным является вопрос подготовки положений, направлений для выработки общей концепции роста эффективности сотрудничества России с дружественными странами в векторе внешнеторговых отношений, приоритетного развития отраслей, имеющих приоритет для экспорта отечественных товаров. В контексте развития описываемого стратегического подхода одним из важнейших направлений по повышению эффективности внешнеторгового сотрудничества России становится работа по выходу на новые рынки и эффективное продвижение на рынках дружественных стран. Важным является разработка правового механизма, направленного на всестороннюю защиту отечественных производителей на мировых и региональных рынках. Также одним из генеральных направлений в развитии российской экономики и внешнеэкономической политики становится развитие несырьевых секторов экономики.

### Список источников

- Валовой внутренний продукт (метод использования доходов). URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 06.08.2024).
- Внешние рынки принесли России минимум. URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2024/04/02/66069b9a9a7947ce87588aff?ysclid=lzgucf79wx788859743> (дата обращения: 06.08.2024).
- Государственная программа Российской Федерации «Развитие внешнеэкономической деятельности»: Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 330; в ред. постановления Правительства Российской Федерации от 31 марта 2021 г. № 508. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/departments/d12/gp\\_rf\\_razvitie\\_vneshneekonomicheskoy\\_deyatelnosti/?ysclid=lryinkqoj8950166886](https://www.economy.gov.ru/material/departments/d12/gp_rf_razvitie_vneshneekonomicheskoy_deyatelnosti/?ysclid=lryinkqoj8950166886). (дата обращения: 12.08.2024).
- Данные по таможенной статистике внешней торговли Российской Федерации в разрезах товаров, стран, временных периодов (ФТС России). URL: <https://limited.customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 06.08.2024).
- Национальный проект (программа) «Международная кооперация и экспорт»: Протокол президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 24 декабря 2018 № 16. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_319212](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_319212). (дата обращения: 12.08.2024).
- Статистика внешнего сектора (Банк России). URL: [https://cbr.ru/statistics/macro\\_itm/svs/](https://cbr.ru/statistics/macro_itm/svs/) (дата обращения: 06.08.2024).
- ФТС России раскрыла объем внешней торговли России. URL: <https://www.rbc.ru/economics/14/11/2023/65532b479a79471209aab87e?ysclid=lq5kylq2rw919738964&from=copy> (дата обращения: 06.08.2024).

### Список литературы

- Азжеурова М.В. 2023. Импортозависимость российской экономики в условиях международных санкций. Наука и образование, 5(2). URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4526/4560> (дата обращения: 06.08.2024).
- Балашев Н.Б., Еськина П.О., Комов В.Э. 2023. Финансово-экономические аспекты государственного управления внешнеэкономической деятельности в РФ. Финансовые рынки и банки, 5: 62–71.
- Кнобель А.Ю. 2019. Внешнеэкономическая деятельность как источник экономического роста / А.Ю. Кнобель, А. Н. Спартак, М. А. Баева, Ю. К. Зайцев, А. Д. Левашенко, А. Н. Лощенкова, О.В. Пономарева, К. А. Прока. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 60 с. – (Научные доклады: экономика).
- Либман А.М. 2024. Внешнеэкономические условия развития России: изоляция и переориентация. Вопросы теоретической экономики, 2: 7–18.
- Манаева И.В., Растопчина Ю.Л. 2022. Национальное стратегическое планирование в России: роль внешнеэкономической деятельности. Экономика промышленности, 15(1): 7–16.
- Непарко М.В., Черкасов Н.Ю. 2022. Влияние внешнеторговой деятельности Российской Федерации на доходы федерального бюджета. Вестник Академии знаний, 50(3): 447–450.

- Орuch Т.А. 2023. Исследование показателей и результатов импортозамещения в промышленности России. *Инновации и инвестиции*, 1: 289–293.
- Селюков М.В., Шалыгина Н.П. 2024. Развитие внешнеторгового потенциала России как фактор обеспечения экономической безопасности государства. *Экономика. Информатика*, 51(1): 93–106.
- Толмачев М.Н., Круглов В.С., Ермилов И.С. 2021. Проблемы и перспективы развития российской внешнеэкономической деятельности. *Азимут научных исследований: экономика и управление*, Т.10, 3 (36): 382–385.
- Широкова Е.Ю. 2022. Внешнеторговая зависимость экономики регионов СЗФО: проблемы и возможности. *Вопросы территориального развития*, 10(1): 1–18.

### References

- Azzheurova M.V. 2023. The import dependence of the Russian economy in the context of international sanctions. *Science and Education*, 5(2) (in Russian). URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4526/4560> (date of application: 08/06/2024).
- Balashov N.B., Eskinina P.O., Komov V.E. 2023. Financial and economic aspects of public administration of foreign economic activity in the Russian Federation. *Financial Markets and Banks*, 5:62–71 (in Russian).
- Knobel A.Y. 2019. Foreign economic activity as a source of economic growth / A. Y. Knobel, A. N. Spartak, M. A. Baeva, Y. K. Zaitsev, A. D. Levashenko, A. N. Loschenkova, O. V. Ponomareva, K. A. Proka. M.: Publishing House "Delo" RANHiGS, 60 p (in Russian). – (Scientific reports: economics).
- Libman A.M. 2024. Foreign economic conditions of Russia's development: isolation and reorientation. *Questions of Theoretical Economics*, 2:7–18 (in Russian).
- Manaeva I.V., Rastopchina Y.L. 2022. National strategic planning in Russia: the role of foreign economic activity. *Industrial Economics*, 15(1):7–16 (in Russian).
- Neparko M.V., Cherkasov N.Yu. 2022. The impact of foreign trade activities of the Russian Federation on federal budget revenues. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 50(3):447–450 (in Russian).
- Oruch T.A. 2023. A study of the indicators and results of import substitution in the Russian industry. *Innovation and Investment*, 1:289–293 (in Russian).
- Selyukov M.V., Shalygina N.P. 2024. The development of Russia's foreign trade potential as a factor in ensuring the economic security of the state. *Economy. Computer Science*, 51(1): 93–106 (in Russian).
- Tolmachev M.N., Kруглов V.S., Ermilov I.S. 2021. Problems and prospects of development of Russian foreign economic activity. *Azimuth of Scientific Research: Economics and Management*, vol. 10, 3 (36): 382–385 (in Russian).
- Shirokova E.Y. 2022. Foreign trade dependence of the economy of the Northwestern Federal District regions: problems and opportunities. *Issues of Territorial Development*, 10(1):1–18 (in Russian).

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 16.08.2024

Received August 16, 2024

Поступила после рецензирования 26.09.2024

Revised September 26, 2024

Принята к публикации 30.09.2024

Accepted September 30, 2024

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Селюков Максим Викторович**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры таможенного администрирования, РАНХиГС – Санкт-Петербург, г. Санкт-Петербург, Россия

**Maksim V. Selyukov**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Customs Administration, RANEPA St. Petersburg, St. Petersburg, Russia

**Шалыгина Наталья Петровна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры таможенного администрирования, РАНХиГС – Санкт-Петербург, г. Санкт-Петербург, Россия

**Natalya P. Shalygina**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Customs Administration, RANEPA St. Petersburg, St. Petersburg, Russia

# ФИНАНСЫ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИЯТИЙ FINANCES OF THE STATE AND ENTERPRISES

УДК 336.7

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-854-863

## Классификация профессиональных участников финансового рынка РФ: институциональный аспект

**Антонова М.В.**

Белгородский университет кооперации, экономики и права  
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а  
E-mail: antonovamv@yandex.ru

**Аннотация.** В настоящее время в РФ функционируют разнообразные организации, основным видом деятельности которых является предоставление клиентам финансовых продуктов и услуг. Однако видовое разнообразие данных участников должным образом не изучено научным сообществом. В настоящее время в научном сообществе отсутствует единая классификация профессиональных участников финансового рынка, используются классификационные признаки для изучения отдельных видов финансовых организаций. Это поставило перед автором научную задачу – предложить авторские классификационные признаки профессиональных участников финансового рынка РФ. Понимая, что классифицировать финансовые организации можно по различным критериям, мы остановимся в рамках данного исследования только на институциональном аспекте классификации (т. е. на количественных характеристиках финансовых организаций). Для исследования институциональных аспектов профессиональных участников финансового рынка РФ считаем целесообразным применять следующие авторские признаки классификации: по видам деятельности – данный принцип позволяет выделить долю организаций на финансовом рынке, осуществляющих банковские операции; по наличию лицензии – исследование участников по данному признаку позволит сделать вывод, в том числе о надежности финансового сектора; по сегментам финансового рынка – деление по данному критерию позволит оценить развитие использования разных финансовых инструментов; по особенностям взаимоотношений с потребителями – данный признак крайне мало изучен в научном сообществе, однако является важным при исследовании как в научном, так и в практическом аспекте; по масштабам деятельности – изучение финансового рынка по данному критерию дает возможность оценить долю участников микрофинансирования, их количество и сравнить с показателями, характеризующими крупных и средних участников.

**Ключевые слова:** финансовый рынок, профессиональные участники финансового рынка, классификация

**Для цитирования:** Антонова М.В. 2024. Классификация профессиональных участников финансового рынка РФ: институциональный аспект. Экономика. Информатика, 51(4): 854–863. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-854-863

## Classification of Professional Participants in the Financial Market of the Russian Federation: Institutional Aspect

**Marina V. Antonova**

Belgorod University of Cooperation, Economics and Law  
116A Sadovaya St, Belgorod 308023, Russia  
E-mail: antonovamv@yandex.ru

**Abstract.** Today, various organizations operate in the Russian Federation, the main activity of which is to provide financial products and services to customers. The scientific community does not currently have a

unified classification of professional participants in the financial market. The classification criteria that are used most often refer to certain types of financial organizations. This set the author a scientific task – to propose classification features of Russia’s financial market professional participants. Realizing that financial organizations can be classified according to various criteria, in this paper we focus only on the institutional aspect of classification (i.e., on the quantitative characteristics of financial organizations). To study the institutional aspects of professional participants in the Russian financial market, we consider it advisable to apply several classification criteria developed by the author. The classification based on the type of activity reveals the share of organizations in the financial market engaged in banking operations, while one based on the license criteria allows drawing conclusions, including those concerning the financial sector reliability. The classification based on the financial market segments makes it possible to assess the development of the use of various financial instruments. The customer relations specifics have so far been extremely poorly studied in the scientific community, but this feature is important for the research both in scientific and practical aspects. The scale of activity criterion makes it possible to assess the share of participants in microfinance and their number and to compare these data with the indicators characterizing large and medium-sized participants.

**Keywords:** financial market, professional participants of the financial market, classification

**For citation:** Antonova M.V. 2024. Classification of Professional Participants in the Financial Market of the Russian Federation: Institutional Aspect. *Economics. Information technologies*, 51(4): 854–863 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-854-863

---

## Введение

Финансовый рынок является важнейшим элементом финансовой системы любой страны, от результативности функционирования которого во многом зависит эффективность обеспечения хозяйствующих субъектов необходимыми финансовыми продуктами и услугами. Надежность финансового рынка является неотъемлемой составляющей национальной безопасности страны. Считаем, что стабильность финансового рынка во многом определяется устойчивостью его профессиональных участников.

В настоящее время в РФ функционируют разнообразные организации, основным видом деятельности которых является предоставление клиентам финансовых продуктов и услуг. Однако видовое разнообразие данных участников должным образом не изучено научным сообществом. Ученые чаще всего исследуют классификацию участников по отдельным сегментам финансового рынка.

Так, классификационные признаки банков рассмотрены в ряде работ российских ученых [Гончарова, Гончаров, 2011; Михайлова, 2017; Пальчиков, 2017; Тихомирова, 2021; Чельшев, 2019], как и видовое разнообразие участников страхового рынка [Кашина, 2018].

Ряд ученых уделяют внимание исследованию участников рынка ценных бумаг [Марчук, 2018; Мурзакова, 2021; Цагов, 2023], а также отдельных его сегментов, например, паевых инвестиционных фондов [Авеличева, 2017; Жданова, 2013].

Некоторые труды посвящены исследованию классификации отдельных участников микрорынка: ломбардов [Александрова, 2016], кредитных кооперативов [Антонова, Чистникова, 2014; Зайнуллин, 2022; Туманова, 2019], микрофинансовых организаций [Вергазова, 2022; Захарова, 2022].

Виды негосударственных пенсионных фондов также являются предметом внимания ученых [Хачумова, 2015, 2016].

Однако исследованию классификации профессиональных участников всех сегментов финансового рынка не уделено достаточного внимания, что и послужило основанием для выбора темы научного исследования.

Целью исследования является разработка авторских признаков классификации профессиональных участников финансового рынка РФ в институциональном аспекте.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются профессиональные участники финансового рынка Российской Федерации. Период исследования: 1-е полугодие 2024 года.

При написании статьи использовались общенаучные методы исследования (анализ, синтез, классификация), а также статистические методы исследования.

## Результаты и их обсуждение

По нашему мнению, всех участников финансового рынка РФ целесообразно разделить на 4 группы (рис. 1).



Рис. 1. Группы участников финансового рынка РФ (составлено автором)  
Fig. 1. Groups of participants in the financial market of the Russian Federation (compiled by the author)

Отметим, что целью данной статьи является исследование классификации только одной группы участников финансового рынка РФ: профессиональных участников.

По нашему мнению, профессиональные участники финансового рынка (ПУФР) – это организации, основным видом деятельности которых является предоставление финансовых продуктов и услуг клиентам. Важной особенностью данных субъектов является наличие разрешения на выполнение финансовых операций от мегарегулятора финансового рынка в России – Центрального банка Российской Федерации.

Количественные показатели, отражающие динамику ПУФР РФ за I и II кварталы 2024 года, представлены в таблице 1.

В исследуемом периоде наблюдается увеличение профессиональных участников финансового рынка на 1,89 %. Данная динамика обусловлена ростом количества паевых инвестиционных фондов, жилищных накопительных кооперативов, ломбардов и депозитариев. Отметим, что в первом полугодии 2024 года изменения незначительные и соответствуют тенденциям последних лет.

Данные таблицы 1 демонстрируют видовое разнообразие ПУФР, что затрудняет их изучение.

Отметим, что в настоящее время в научном сообществе отсутствует единая классификация профессиональных участников финансового рынка (как было отмечено выше, используются лишь классификационные признаки для изучения отдельных видов финансовых организаций). Это поставило перед автором научную задачу – предложить авторские классификационные признаки профессиональных участников финансового рынка.

Понимая, что классифицировать финансовые организации можно по различным критериям, мы остановимся в рамках данного исследования только на институциональном аспекте классификации (т. е. на количественных характеристиках финансовых организаций).

Таблица 1

Table 1

Динамика количества профессиональных участников финансового рынка РФ  
за 1-е полугодие 2024 года (составлена автором)

Dynamics of the number of professional participants in the financial market  
of the Russian Federation for the first and second quarters of 2024 (compiled by the author)

ПУФР	Количество (ед.) по состоянию на		Отклонение за период	
	01.01.2024	01.07.2024	абсолютное	темпа роста, %
Кредитные организации – всего	361	356	-5	98,61
в том числе:				
– банки	324	319	-5	98,61
– небанковские кредитные организации	37	37	0	100,00
Субъекты страхового дела – всего,	211	207	-4	98,10
в том числе:				
– страховые организации	132	132	0	100,00
– страховые брокеры	58	55	-3	94,83
– общества взаимного страхования	21	20	-1	95,24
Профессиональные участники рынка ценных бумаг – всего,	423	421	-2	99,53
в том числе:				
– инвестиционные советники	175	174	-1	99,43
– брокеры	254	254	0	100,00
– депозитарии	255	256	1	100,39
– доверительные управляющие	183	180	-3	98,36
– дилеры	282	282	0	100,00
– форекс-дилеры	4	4	0	100,00
– регистраторы	31	31	0	100,00
Негосударственные пенсионные фонды	37	35	-2	94,59
Инвестиционные фонды – всего,	2647	2855	208	107,86
в том числе:				
– паевые инвестиционные фонды	2645	2853	208	107,86
– акционерные инвестиционные фонды	2	2	0	100,00
Организации микрофинансового рынка – всего,	4942	4910	-32	99,35
в том числе:				
– микрофинансовые организации	1009	987	-22	97,82
– кредитные потребительские кооперативы	1410	1394	-16	98,87
– жилищные накопительные кооперативы	39	40	1	102,56
– сельскохозяйственные кредитные кооперативы	596	591	-5	99,16
– ломбарды	1888	1898	10	100,53
Всего	8621	8784	163	101,89

Составлена по данным Банка России



По нашему мнению, для классификации профессиональных участников финансового рынка РФ (в рамках институционального аспекта) целесообразно использовать следующие основные признаки:

- по видам деятельности;
- по наличию лицензии;
- по сегментам финансового рынка;
- по особенностям взаимоотношения с потребителями финансовых продуктов и услуг;
- по масштабам деятельности.

Рассмотрим каждый из предложенных авторских признаков классификации подробнее.

На наш взгляд, по видам деятельности профессиональных участников финансового рынка РФ следует разделить на две группы (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

Классификация профессиональных участников финансового рынка РФ  
 по видам деятельности (составлена автором)  
 Classification of professional participants in the financial market  
 of the Russian Federation by type of activity (compiled by the author)

Признак классификации	Виды ПУФР	ПУФР РФ
По видам деятельности	Кредитные организации	Банки Небанковские кредитные организации
	Некредитные организации	Страховые организации Негосударственные пенсионные фонды Ломбарды Кредитные кооперативы Жилищные накопительные кооперативы Сельскохозяйственные кредитные кооперативы Микрофинансовые организации Профессиональные участники рынка ценных бумаг

Считаем, что видам деятельности ПУФР РФ следует разделить на две группы: кредитные организации (данные организации имеют право осуществлять банковские операции) и некредитные организации (в эту группу входят все профессиональные участники, не входящие в первую группу, их деятельность разнообразна и регулируется различными нормативными актами в зависимости от специфики проводимых операций).

В структуре ПУФР РФ в первом полугодии 2024 года кредитные организации составляли лишь 4 % от общего количества финансовых организаций. Отметим, что в таблице 2 представлено первичное деление по признаку классификации, далее можно продолжать классифицировать отдельные виды участников финансового рынка для более детального исследования.

На наш взгляд, по наличию лицензии профессиональных участников финансового рынка РФ следует разделить на две группы (табл. 3).

В РФ допуск на финансовый рынок имеет право выдавать только Банк России, данное разрешение может быть двух видов:

- выдача лицензии;
- включение организации в реестр, размещенный на сайте Банка России.

В исследуемом периоде 11,5 % ПУФР осуществляют деятельность по лицензии, остальные имеют разрешение от Банка России и включены в соответствующий реестр.

Отметим, что данный признак классификации также можно детализировать, изучая участников, например, по видам выдаваемых лицензий и т. п.

Таблица 3  
Table 3

Классификация профессиональных участников финансового рынка РФ  
по наличию лицензии (составлена автором)  
Classification of professional participants in the financial market  
of the Russian Federation by license availability (compiled by the author)

Признак классификации	Виды ПУФР	ПУФР РФ
По наличию лицензии	ПУФР, имеющие лицензию Банка России	Банки Небанковские кредитные организации Страховые организации Негосударственные пенсионные фонды Профессиональные участники рынка ценных бумаг
	ПУФР, не имеющие лицензии Банка России, но получившие право на осуществление деятельности на финансовом рынке	Ломбарды Кредитные кооперативы Жилищные накопительные кооперативы Сельскохозяйственные кредитные кооперативы Микрофинансовые организации

Финансовый рынок состоит из нескольких сегментов, по которым также целесообразно провести классификацию профессиональных участников финансового рынка РФ (табл. 4).

В таблице 4 представлена сегментация финансового рынка по инструментам данного рынка, которые условно можно разделить на рублевый рынок (депозиты, кредиты и прочие финансовые продукты в рублях), валютный рынок, рынок ценных бумаг и рынок драгоценных металлов.

Следует отметить, что некоторые ПУФР в РФ имеют доступ ко всем финансовым инструментам, а отдельные участники ограничены в использовании тех или иных инструментов, отдельным участникам запрещено работать на наиболее рискованных сегментах финансового рынка (например, на валютном рынке).

По нашему мнению, при классификации ПУФР важно учитывать особенности взаимоотношений финансовой организации с потребителем финансовой услуги (табл. 5).

В настоящее время на российском финансовом рынке функционируют в качестве ПУФР три вида кооперативов, в которых нет клиентов, а есть пайщики. Целью деятельности таких кооперативов является удовлетворение финансовых потребностей пайщиков, а не получение прибыли. В первом полугодии 2024 года 23 % ПУФР составляли кооперативы.

Важным признаком классификации ПУФР, по нашему мнению, является учет масштаба деятельности организации (табл. 6).

По масштабам деятельности можно разделять участников по таким показателям, как:

- величина активов;
- размер собственного капитала;
- величина финансовых результатов деятельности;
- средний размер финансовой операции;
- количество клиентов и т. п.

Отметим, что распределение по масштабам довольно условно, однако есть объективно небольшие ПУФР (Банком России они отнесены к сфере микрофинансовых операций именно по объемам проводимых сделок, размеру активов и прочих показателей). В исследуемом периоде, количество участников микрофинансового сектора составляет 4910 организаций (55,9 % от общего количества). Однако величина активов данных организаций в совокупном объеме активов финансового рынка крайне мала.

Таблица 4  
 Table 4

Классификация профессиональных участников финансового рынка РФ  
 по сегментам финансового рынка (составлена автором)  
 Classification of professional participants in the financial market  
 of the Russian Federation by financial market segments (compiled by the author)

Признак классификации	Виды ПУФР	ПУФР РФ
По сегментам финансового рынка	Денежный рынок (рублевый рынок)	Банки Микрофинансовые организации Ломбарды Кредитные кооперативы Жилищные накопительные кооперативы Сельскохозяйственные кредитные кооперативы Негосударственные пенсионные фонды
	Валютный рынок	Банки Профессиональные участники рынка ценных бумаг: – брокеры – дилеры – доверительные управляющие – инвестиционные советники и т. п.
	Рынок ценных бумаг	Банки Негосударственные пенсионные фонды Профессиональные участники рынка ценных бумаг: – брокеры – дилеры – доверительные управляющие – инвестиционные советники и т. п.
	Рынок драгоценных металлов	Банки Профессиональные участники рынка ценных бумаг: – брокеры – дилеры – доверительные управляющие – инвестиционные советники и т. п.

Таблица 5  
 Table 5

Классификация профессиональных участников финансового рынка РФ по особенностям взаимоотношения с потребителями финансовых продуктов и услуг (составлена автором)  
 Classification of professional participants in the financial market of the Russian Federation on the specifics of the relationship with consumers of financial products and services (compiled by the author)

Признак классификации	Виды ПУФР	ПУФР РФ
1	2	3
По особенностям взаимоотношения с потребителями финансовых продуктов и услуг	Коммерческие организации, потребитель финансовых услуг выступает как клиент	Банки Небанковские кредитные организации Страховые организации Негосударственные пенсионные фонды Ломбарды Микрофинансовые организации Профессиональные участники рынка ценных бумаг

Окончание табл. 5  
End of the table 5

1	2	3
	Некоммерческие организации, потребитель является полноправным членом данной организации, имеющим право голоса при принятии управленческих решений	Кредитные кооперативы Жилищные накопительные кооперативы Сельскохозяйственные кредитные кооперативы

Таблица 6  
Table 6

Классификация профессиональных участников финансового рынка РФ  
по масштабам деятельности (составлена автором)  
Classification of professional participants in the financial market  
of the Russian Federation by scale of activity (compiled by the author)

Признак классификации	Виды ПУФР	ПУФР РФ
По масштабам деятельности	Крупные и средние организации	Банки Небанковские кредитные организации Страховые организации Негосударственные пенсионные фонды Профессиональные участники рынка ценных бумаг
	Организации микрофинансирования	Кредитные кооперативы Жилищные накопительные кооперативы Сельскохозяйственные кредитные кооперативы Ломбарды Микрофинансовые организации

### Заключение

Таким образом, для исследования институциональных аспектов профессиональных участников финансового рынка РФ считаем целесообразным применять следующие авторские признаки классификации:

- по видам деятельности – данный принцип позволяет выделить долю организаций на финансовом рынке, осуществляющих банковские операции;
- по наличию лицензии – исследование участников по данному признаку позволит сделать вывод в том числе о надежности финансового сектора;
- по сегментам финансового рынка – деление по данному критерию позволит оценить развитие использования разных финансовых инструментов;
- по особенностям взаимоотношений с потребителями – данный признак крайне мало изучен в научном сообществе, однако является важным при исследовании как в научном, так и в практическом аспекте;
- по масштабам деятельности – изучение финансового рынка по данному критерию дает возможность оценить долю участников микрофинансирования, их количество и сравнить с показателями, характеризующими крупных и средних участников.

Отметим, что изучение ПУФР РФ по представленным признакам классификации позволит сделать более обоснованные выводы о количественных характеристиках финансового сектора РФ. Отметим, что предложенные признаки классификации, безусловно, не являются окончательным вариантом и могут быть как дополнены, так и скорректированы (уточнены) научным сообществом при дальнейших исследованиях или прикладных работах.

## Список источников

<https://cbr.ru/statistics/> – официальный сайт Банка России: Статистика финансового рынка.

## Список литературы

- Авеличева О.А. 2017. Классификация маркетинга паевых инвестиционных фондов. Вестник университета, 1: 30–34.
- Александрова Л.С. 2016. Развитие ломбардного бизнеса в России. Экономика. Бизнес. Банки, 1: 17–26.
- Антонова М.В., Чистникова И.В. 2014. Исследование классификации кредитных потребительских кооперативов (на примере Белгородской области). Финансы и кредит, 1: 24–29.
- Вергазова А.Т. 2022. Классификация недобросовестных практик со стороны микрофинансовых организаций в Российской Федерации. Социально-политические науки, 5: 64–70.
- Гончарова М.В., Гончаров А.И. 2011. Население и банки: классификация коммерческих банков и их организационная структура. Бизнес. Образование. Право, 3: 283–287.
- Жданова О.А. 2013. К вопросу о классификации паевых инвестиционных фондов. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 3: 102–108.
- Зайнуллин С.Б. 2022. Кредитные кооперативы как корпоративная форма кооперации. Риски и тенденции развития. Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики, 1: 104–109.
- Захарова Э.Р. 2022. Микрофинансовые кредитные организации в РФ. Экономика и общество, 4 (22): 12–20.
- Кашина Ю.В. 2018. Факторы конкурентоспособности страховых организаций: подходы, составляющие и классификация. Инновации и инвестиции, 8: 172–175.
- Марчук Н.А. 2018. Профессиональные участники рынка ценных бумаг как агенты финансового мониторинга. Аллея науки, 5: 523–528.
- Михайлова А.С. 2017. Классификация банков с иностранным капиталом на территории РФ. Международный академический вестник, 1: 36–38.
- Мурзакова С.М. 2021. Развитие фондового рынка и его участники. Modern Science: 11: 105–111.
- Пальчиков В.Ю. 2017. Особенности функционирования, виды и классификация онлайн-банков. Экономические системы, 3: 81–84.
- Тихомирова Ю.О. 2021. Классификация коммерческих банков Приволжского Федерального округа по состоянию финансовой устойчивости. Студенческая наука и XXI век, 1-2 (21): 294–297.
- Туманова М.М. 2019. Классификация субъектов рынка кредитной кооперации. Финансовая жизнь, 1: 105–107.
- Хачумова Л.А. 2015. Классификация негосударственных пенсионных фондов в РФ. Экономика и предпринимательство, 9: 436–439.
- Хачумова Л.А. 2016. Критерии оценки эффективности деятельности негосударственных пенсионных фондов (НПФ): особенности методологии и классификация. Ученые записки Российской Академии предпринимательства, 46: 209–216.
- Цагов Ш.М. 2023. Классификация участников рынка ценных бумаг. Интернаука, 20: 57–58.
- Чельшев Д.С. 2019. Классификация российских банков на основе внутренних показателей отчетности. Бизнес. Образование. Право, 4: 296–303.

## References

- Avelicheva O.A. 2017. Classification of marketing of mutual funds [Klassifikaciya marketinga paevykh investitsionnykh fondov]. Bulletin of the University, 1:30–34.
- Alexandrova L.S. 2016. The development of the pawnshop business in Russia [Razvitie lombardnogo biznesa v Rossii]. Economy. Business. Banks, 1:17–26.
- Antonova M.V., Chistnikova I.V. 2014. A study of the classification of consumer credit cooperatives (using the example of the Belgorod region) [Issledovanie klassifikacii kreditnykh potrebitel'skih kooperativov (na primere Belgorodskoj oblasti)]. Finance and Credit, 1:24–29.
- Vergazova A.T. 2022. Classification of unfair practices by microfinance organizations in the Russian Federation [Klassifikaciya nedobrosovestnykh praktik so storony mikrofinansovykh organizacij v Rossijskoj Federacii]. Socio-Political Sciences, 5: 64–70.
- Goncharova M.V., Goncharov A.I. 2011. Population and banks: classification of commercial banks and their organizational structure [Naselenie i banki: klassifikaciya kommercheskih bankov i ih organizacionnaya struktura]. Business. Education. Law, 3:283–287.

- Zhdanova O.A. 2013. On the issue of classification of mutual funds [K voprosu o klassifikacii paevyh investitsionnyh fondov]. *Actual Problems of the Humanities and Natural Sciences*, 3:102–108.
- Zainullin S.B. 2022. Credit cooperatives as a corporate form of cooperation. *Risks and development trends [Kreditnye kooperativy kak korporativnaya forma kooperacii. Riski i tendencii razvitiya]. Fundamental and Applied Research of the Cooperative Sector of the economy*, 1:104–109.
- Zakharova E.R. 2022. Microfinance credit organizations in the Russian Federation [Mikrofinansovye kreditnye organizacii v RF]. *Economics and Society*, 4 (22):12–20.
- Kashina Yu.V. 2018. Factors of competitiveness of insurance companies: approaches, components and classification [Faktyory konkurentosposobnosti strahovyh organizacij: podhody, sostavlyayushchie i klassifikaciya]. *Innovation and Investment*, 8:172–175.
- Marchuk N.A. 2018. Professional participants of the securities market as agents of financial monitoring [Professional'nye uchastniki rynka cennyh bumag kak agenty finansovogo monitoringa]. *Alley of Science*, 5:523–528.
- Mikhailova A.S. 2017. Classification of banks with foreign capital in the territory of the Russian Federation [Klassifikaciya bankov s inostrannym kapitalom na territorii RF]. *International Academic Bulletin*, 1:36–38.
- Murzakova S.M. 2021. The development of the stock market and its participants [Razvitie fondovogo rynka i ego uchastniki]. *Modern Science*: 11: 105–111.
- Palchikov V.Yu. 2017. Features of functioning, types and classification of online banks [Osobnosti funkcionirovaniya, vidy i klassifikaciya onlajn-bankov]. *Economic Systems*, 3:81–84.
- Tikhomirova Yu.O. 2021. Classification of commercial banks of the Volga Federal District according to the state of financial stability [Klassifikaciya kommercheskih bankov Privolzhskogo Federal'nogo okruga po sostoyaniyu finansovoj ustojchivosti]. *Student Science and the XXI Century*, 1-2 (21):294–297.
- Tumanova M.M. 2019. Classification of subjects of the credit cooperation market [Klassifikaciya sub"ektov rynka kreditnoj kooperacii]. *Financial Life*, 1:105–107.
- Khachumova L.A. 2015. Classification of non-state pension funds in the Russian Federation [Klassifikaciya negosudarstvennyh pensionnyh fondov v RF]. *Economics and Entrepreneurship*, 9:436–439.
- Khachumova L.A. 2016. Criteria for evaluating the effectiveness of non-state pension funds (NPFs): features of the methodology and classification [Kriterii ocenki effektivnosti deyatel'nosti negosudarstvennyh pensionnyh fondov (NPF): osobennosti metodologii i klassifikaciya]. *Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship*, 46:209–216.
- Tsagov S.M. 2023. Classification of securities market participants [Klassifikaciya uchastnikov rynka cennyh bumag]. *Internauka*, 20:57–58.
- Chelyshev D.S. 2019. Classification of Russian banks based on internal reporting indicators [Klassifikaciya uchastnikov rynka cennyh bumag]. *Business Education. Law*, 4:296–303.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 23.10.2024

Поступила после рецензирования 21.11.2024

Принята к публикации 29.11.2024

Received October 23, 2024

Revised November 21, 2024

Accepted November 29, 2024

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Антонова Марина Вячеславовна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансов и таможенных доходов, Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Marina V. Antonova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Finance and Customs Revenue Department, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia



# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК 330.46:378.14

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-864-872

## Моделирование оптимального распределения составляющих лекции и практического занятия

<sup>1</sup>Ганичева А.В., <sup>2</sup>Ганичев А.В.

<sup>1</sup>Тверская государственная сельскохозяйственная академия  
Россия, 170904, Тверь, ул. Маршала Василевского, 7

<sup>2</sup>Тверской государственный технический университет,  
Россия, 170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22

E-mail: TGAN55@yandex.ru, alexej.ganichev@yandex.ru

**Аннотация.** Проблема оптимизации распределения учебных часов между лекционными и практическими занятиями является одной из важнейших при управлении учебным процессом и актуальной в условиях перехода к цифровым образовательным технологиям. Распределение учебного времени должно быть согласованно с компетенциями, которые требуется освоить при изучении данного раздела дисциплины. Целью данной статьи является разработка математической модели оптимального распределения составляющих лекции и практического занятия. Новизна работы заключается в применении для решения рассматриваемой проблемы метода математического моделирования. При построении математической модели используется метод линейного программирования. Целевой функцией задачи является сумма произведений долей учебных часов на их коэффициенты значимости для формирования данной компетенции. Ограничения определяются имеющимся фондом учебных часов на реализацию данной компетенции по конкретной теме. Разработан наглядный алгоритм геометрического решения задачи путем сведения ее к матричной игре. Основным результатом данной работы является разработанная математическая модель оптимального согласования количества учебных часов, отводимых на усвоение составляющих лекции и практического занятия. Разработанный метод позволит совершенствовать качество образовательного процесса.

**Ключевые слова:** качество обучения, компетенции, темы, учебные часы, эксперты, задача линейного программирования, матричная игра

**Для цитирования:** Ганичева А.В., Ганичев А.В. 2024. Моделирование оптимального распределения составляющих лекции и практического занятия. Экономика. Информатика, 51(4): 864–872. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-864-872

## Modeling the Optimal Distribution of Lecture and Practical Lesson Components

<sup>1</sup>Antonina V. Ganicheva, <sup>2</sup>Alexey V. Ganichev

<sup>1</sup>Tver State Agricultural Academy, 7 Vasilevsky St, Tver 170904, Russia

<sup>2</sup>Tver State Technical University, 22 Afanasiy Nikitin emb., Tver 170026, Russia

E-mail: TGAN55@yandex.ru, alexej.ganichev@yandex.ru

**Abstract.** The relevance of the research is due to the need to automate the educational process in the context of the transition to digital educational technologies. The problem of optimizing the distribution of study hours between lectures and practical classes is among the most important ones in the management of the educational process. The allocation of study time should be consistent with the competencies that need to be mastered when studying a section of an academic course. The purpose of this article is to develop a

mathematical model for the optimal distribution of the components of a lecture and a practical lesson. The novelty of the work lies in the application of the mathematical modeling method to solve the problem under consideration. When building a mathematical model, the linear programming method is used. The target function of the task is the sum of products of study hours fractions by their coefficients of significance for building the competency. The limitations are determined by the available fund of study hours for the implementation of a given competency on a specific topic. A visual algorithm for the geometric solution of the problem by reducing it to a matrix game has been developed. The main result of the work is a mathematical model that allows achieving an optimal balance between the number of study hours allocated for assimilating the components of a lecture and practical training. This model takes into account the required level of competencies to be built in students.

**Keywords:** learning quality, competencies, topics, study hours, experts, linear programming problem, matrix game

**For citation:** Ganicheva A.V., Ganichev A.V. 2024. Modeling the Optimal Distribution of Lecture and Practical Lesson Components. Economics. Information technologies, 51(4): 864–872 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-864-872

---

## Введение

Одной из актуальных задач в учебном процессе, возникающих при составлении рабочих планов и программ при использовании компетентностного подхода, является задача поиска критериев оптимального содержания обучения и оптимального распределения времени между часами лекционных и практических занятий. В статье [Ganicheva, 2016] разработаны математические модели компетенций, однако они не учитывают задачу распределения учебных часов. Эта задача поставлена в работе [Григоревская, Григоревский, 2007]. В данном исследовании рассмотрены только некоторые критерии оптимального содержания обучения на лекционном и практическом занятиях. При этом не учитывается проблема формирования компетенций учащихся. Для решения рассматриваемой проблемы не разработана математическая модель. Для решения проблемы совершенствования содержания обучения предлагается использовать информационные технологии [Bronov et al., 2019; Bronov et al., 2020]. В этом случае не используется метод математического моделирования и не решается задача оптимизации.

В настоящее время в учебный процесс внедряется проектное обучение [Gutgarts, 2020; Карпачев и др., 2015], но пока задача оптимального распределения времени между часами лекционных и практических занятий при использовании данных методов не решается. Построение учебного плана предлагается выполнять основе формализованного представления учебной дисциплины [Харитонов, 2011].

В статье [Souza et al., 2019] приводятся результаты вычислительного эксперимента по расчёту инвариантов рабочего учебного плана для расчета необходимого количества профессорско-преподавательского состава, но проблема распределения времени не рассматривается. Математическая модель распределения учебной нагрузки преподавателей кафедры на основе теории множеств разработана в статье [Касаткина и др., 2020], а в работе [Касаткина и др., 2019] приведена математическая модель оптимизации образовательного процесса для информационно-управляющей системы. Решение вопросов эффективной организации контрольно-аналитической деятельности преподавателей [Levshina et al., 2020] и ее оптимизация [García et al., 2010; Болгова и др., 2019] также не затрагивает обозначенную проблему оптимального распределения времени между часами лекционных и практических занятий. Разработана математическая модель распределения фонда стимулирующих выплат преподавателям на основе результатов их деятельности [Шиккульский, 2020].

Важная проблема управления учебным процессом на основе математических и статистических методов разработана в трех цитируемых статьях Орлова А.И. [Orlov, 2023a, b, c].

Перспективным методом STEM-образования является применение для организации и управления учебным процессом методов математического моделирования. В этом случае возможна организация междисциплинарного подхода, доступность, понятность, наглядность и количественная определенность полученных результатов. Модель менеджмента качества учебных планов разработана в статье [Ганичева, 2012] и монографии [Ганичева, Ганичев, 2023].

В данной работе разработаны метод и модель решения задачи оптимизации распределения учебных часов между лекционными и практическими занятиями, основанные на сведении ее к задаче линейного программирования. Для пояснения метода разработан наглядный пример геометрического решения задачи путем сведения ее к матричной игре.

## Материалы и методы

Целью данного исследования является разработка метода оптимального распределения часов, отводимых в учебных планах на составляющие лекционных и практических занятий, и построение оптимизационной математической модели планирования учебных часов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) сделать анализ составляющих лекции и практического занятия с учетом требований по формируемым компетенциям;
- 2) сформулировать целевую функцию задачи распределения учебных часов для формирования данной компетенции;
- 3) учесть ограничения, определяемые имеющимся фондом учебных часов на реализацию данной компетенции по конкретной теме;
- 4) формализовать рассматриваемый процесс распределения учебных часов с помощью математической модели;
- 5) выбрать и обосновать метод решения оптимизационной задачи;
- 6) показать на примере наглядный способ решения задачи.

Составляющими лекций являются следующие вопросы: введение основных понятий (определений), приведение правил, алгоритмов, разбор иллюстрирующих примеров и т. д. Вопросами, решаемыми на практических занятиях, могут быть: проверка домашних заданий, опрос основных понятий, рассмотрение новых задач и т. п. При этом распределение времени должно быть согласовано с компетенциями, которые должны быть освоены при изучении данного раздела дисциплины.

Не нарушая общности рассуждений, рассмотрим поставленную задачу применительно к математическим дисциплинам. Будем называть составляющей лекции:

- 1) разбор определений ( $L_1$ );
- 2) демонстрацию иллюстрирующих примеров ( $L_2$ );
- 3) рассмотрение (доказательство) утверждений (теорем) ( $L_3$ );
- 4) разбор решений задач ( $L_4$ ).

В общем случае некоторые из этих составляющих могут отсутствовать.

Учебной составляющей практического занятия будем называть:

- 1) проверку основных понятий (например, интерактивный метод «Ромашка») ( $P_1$ );
- 2) проверку домашнего задания ( $P_2$ );
- 3) решение задач по новой теме ( $P_3$ );
- 4) решение задач по закреплению материала ( $P_4$ );
- 5) самостоятельную работу ( $P_5$ );
- 6) контрольную работу ( $P_6$ );
- 7) расчетно-графическую работу ( $P_7$ );
- 8) тестирование ( $P_8$ );
- 9) реферативное сообщение ( $P_9$ ). Некоторые из этих составляющих могут отсутствовать.

Пусть рассматриваемый раздел содержит  $n$  тем:  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , при изучении реализуется компетенции:  $B_1, B_2, \dots, B_l$ . Пусть раздел содержит  $m_1$  пар часов лекций и  $m_2$  пар часов практических занятий. Обозначим через  $P_{ij}^{ks}(L)$  ( $P_{ij}^{kl}(P)$ ) – долю времени  $s$ -ой ( $s = \overline{1, m_1}$ ) учебной пары часов, отводимую на рассмотрение  $L_j$  ( $j = \overline{1, 4}$ ) и  $t$ -ой ( $t = \overline{1, m_2}$ ) пары

часов, отводимую на отработку  $\Pi_j (j = \overline{1,9})$   $i$ -ой темы  $A_i (i = \overline{1,n})$   $k$ -ой компетенции  $B_k (k = \overline{1,l})$  (см. таблицу).

Темы, компетенции, составляющие лекций и практических занятий  
Topics, competencies, components of lectures and practical studies

Учебная составляющая Темы, компетенции	Л <sub>1</sub>	...	Л <sub>4</sub>	П <sub>1</sub>	...	П <sub>9</sub>
$A_1, B_1$	$P_{11}^{11}(\text{Л})$	...	$P_{14}^{11}(\text{Л})$	$P_{11}^{11}(\text{П})$	...	$P_{19}^{11}(\text{П})$
$A_1, B_2$	$P_{11}^{21}(\text{Л})$	...	$P_{14}^{21}(\text{Л})$	$P_{11}^{21}(\text{П})$	...	$P_{19}^{21}(\text{П})$
...	...	...	...	...	...	...
$A_1, B_l$	$P_{11}^{ls}(\text{Л})$	...	$P_{14}^{ls}(\text{Л})$	$P_{11}^{lt}(\text{П})$	...	$P_{19}^{lt}(\text{П})$
...	...	...	...	...	...	...
$A_n, B_l$	$P_{n1}^{lm_1}(\text{Л})$	...	$P_{n4}^{lm_1}(\text{Л})$	$P_{n1}^{lm_2}(\text{П})$	...	$P_{n9}^{lm_2}(\text{П})$

Пусть согласно опросу экспертов имеем соотношения:  $\alpha_{ij}^{ks}(\text{Л}) \leq P_{ij}^{ks}(\text{Л}) \leq \beta_{ij}^{ks}(\text{Л})$ ,  $\alpha_{ij}^{kt}(\text{П}) \leq P_{ij}^{kt}(\text{П}) \leq \beta_{ij}^{kt}(\text{П})$ .

Предположим, что данный раздел содержит  $m$  пар учебных часов, а на реализацию  $k$ -ой компетенции в  $i$ -ой теме требуется не менее  $\alpha_i^k$  и не более  $\beta_i^k$  долей от  $m$  пар часов. Тогда можно считать, что  $\alpha_i^k = \sum_{s=1}^{m_1} \sum_{j=1}^4 \alpha_{ij}^{ks}(\text{Л}) + \sum_{t=1}^{m_2} \sum_{j=1}^9 \alpha_{ij}^{kt}(\text{П})$ ,  $\beta_i^k = \sum_{s=1}^{m_1} \sum_{j=1}^4 \beta_{ij}^{ks}(\text{Л}) + \sum_{t=1}^{m_2} \sum_{j=1}^9 \beta_{ij}^{kt}(\text{П})$ . Обозначим через  $x_{ij}^k(\text{Л})$  долю пар часов, отводимую на  $L_j$  в рамках темы  $i$  и компетенции  $k$ ; аналогично  $x_{ij}^k(\text{П})$  – доля пар часов, отводимая на  $\Pi_j$  темы  $i$  и компетенции  $k$ . Имеем следующую систему неравенств:

$$\alpha_i^k \leq \sum_{j=1}^4 x_{ij}^k(\text{Л}) + \sum_{j=1}^9 x_{ij}^k(\text{П}) \leq \beta_i^k, \quad (1)$$

где  $k = \overline{1,l}$ ,  $i = \overline{1,n}$ , причем

$$\sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 x_{ij}^k(\text{Л}) + \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^9 x_{ij}^k(\text{П}) = 1. \quad (2)$$

В то же время каждая доля  $x_{ij}^k(\text{Л})$  и  $x_{ij}^k(\text{П})$  вносит свой вклад в качество обучения, что выражается через весовые коэффициенты  $\gamma_{ij}^k(\text{Л})$  и  $\gamma_{ij}^k(\text{П})$ , которые можно назвать коэффициентами значимости данной доли учебных часов. Сумма  $L$  произведений указанных долей на соответствующие коэффициенты должна стремиться к максимуму, т. е.

$$L = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 \gamma_{ij}^k(\text{Л}) \cdot x_{ij}^k(\text{Л}) + \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^9 \gamma_{ij}^k(\text{П}) x_{ij}^k(\text{П}) \rightarrow \max. \quad (3)$$

Так как целевая функция задачи имеет линейный характер, то получаем задачу линейного программирования с максимизируемой целевой функцией  $L$  (3) при ограничениях (1) и (2). Данная задача может быть решена симплекс-методом или другими методами линейного программирования.

### Результаты и обсуждение

Рассмотрен случай, когда учебные составляющие распределяются по темам и компетенциям. Аналогичное распределение можно получить по разделам, часам занятий,

параграфам и пунктам. В ряде случаев можно рассматривать меньшее количество составляющих. Например, разбор определений и демонстрацию примеров можно рассматривать как одну составляющую, а рассмотрение утверждений и разбор решений задач – в качестве второй составляющей.

Для практических занятий можно рассматривать отдельно контрольные мероприятия, а также рефераты, а остальное время распределяется между тремя составляющими: 1) проверка знаний основных определений и выполнение домашнего задания; 2) решение задач по новой теме; 3) закрепление материала.

Пусть распределение рассматривается в пределах часа (параграфа, пункта) и для двух компетенций, причем условие (3) отсутствует, а условия (1) имеют вид односторонних неравенств с левой частью  $\alpha$ . На малом промежутке времени задача сводится к отысканию наиболее важных двух составляющих лекции (практического занятия).

Отыскание соответствующих долей  $x_{ij}^k(\Pi)$  ( $x_{ij}^k(\Pi)$ ) для двух компетенций  $B_1$  и  $B_2$ . можно осуществлять геометрически (рис. 1), используя следующий алгоритм. Не нарушая общности при изложении алгоритма, считаем, что  $n=1$ ,  $l=2$ , и определяем  $x_{ij}^k(\Pi)$ .

Строим две параллельные прямые (рис. 1), соответствующие двум компетенциям  $B_1$  и  $B_2$ .

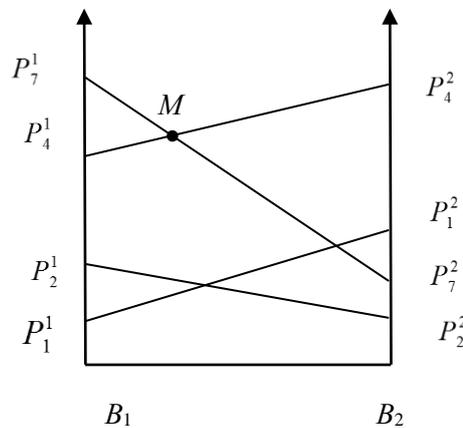


Рис. 1. Графическое решение матричной игры  
 Fig. 1. Graphical solution of the matrix game

На каждой прямой откладываем в масштабе доли  $P_{ij}^k(\Pi)$  ( $i=1$ ;  $k=1,2$ ;  $j=\overline{1,4}$ ). Во избежание громоздкости будем обозначать  $P_{ij}^k(\Pi)$  через  $P_1^k$ ,  $P_2^k$ ,  $P_3^k$ ,  $P_4^k$ . Начало отчета идет от отрезка  $B_1B_2$ , длина которого условно принята за единицу. Соединяем соответствующие точки  $P_i^1$  и  $P_j^2$  на данных двух прямых отрезками. Нижняя точка верхней ломаной – точка  $M$ . Эта точка связана с компетенциями  $B_1$  и  $B_2$ . Для отыскания соответствующих значений  $x_{ij}^k(\Pi)$  решаем матричную игру  $2 \times 2$  в смешанных стратегиях. Для этого выбираем те точки на прямых, соответствующие отрезки которых дают в пересечении точку  $M$ .

Для рис. 1 находим:

$$x_{13}^1 = \frac{P_3^2 - P_4^1}{P_3^1 + P_3^2 - P_4^1 - P_4^2}, \quad x_{13}^2 = \frac{P_3^1 - P_4^2}{P_3^1 + P_3^2 - P_4^1 - P_4^2}$$

$$x_{14}^1 = \frac{P_3^2 - P_4^2}{P_3^1 + P_3^2 - P_4^1 - P_4^2}, \quad x_{14}^2 = \frac{P_3^1 - P_4^1}{P_3^1 + P_3^2 - P_4^1 - P_4^2}.$$

Следовательно,  $x_{13}^1 \cdot 100\%$  лекционного времени в пределах данного учебного часа (при рассмотрении данного параграфа или пункта изучаемой дисциплины) отводится на рассмотрение (доказательство) утверждений (теорем), связанных с реализацией компетенции

$B_1, x_{13}^2 \cdot 100\%$  – с реализацией компетенции  $B_2, x_{14}^1 \cdot 100\%$  лекционного времени отводится на разбор решений задач по реализации компетенции  $B_1, x_{14}^1 \cdot 100\%$  – связано с компетенцией  $B_2$ . Если  $P_i^k$  не заданы, для них можно использовать ограничения  $\alpha_i^k \leq P_i^k \leq \beta_i^k$ , где  $\alpha_i^k$  и  $\beta_i^k$  оценена экспертами, либо использовать метод решения матричных игр в нечётных смешанных стратегиях [Алтунин, Семухин, 2003]. Аналогично решается вопрос относительно планирования практических занятий. Предложенный метод планирования учебного времени относительно учебных составляющих лекции и практического занятия позволяет находить оптимальное соответствие между их процентным соотношением, а также процентным соотношением между соответствующими компетенциями.

Если  $x_{ij}^k(\text{Л})$  и  $x_{ij}^k(\text{П})$  найдены как решение задачи линейного программирования с целевой функцией (3) при ограничениях (1), (2), то можно найти  $P_{ij}^{ks}(\text{Л})$  и  $P_{ij}^{kt}(\text{П})$ . Действительно, вместо неравенств (1) можно рассматривать равенства вида

$$\sum_{j=1}^4 x_{ij}^k(\text{Л}) + \sum_{j=1}^9 x_{ij}^k(\text{П}) = \sum_{s=1}^{m_1} \sum_{j=1}^4 P_{ij}^{ks}(\text{Л}) + \sum_{t=1}^{m_2} \sum_{j=1}^9 P_{ij}^{kt}(\text{П}). \quad (4)$$

Пусть  $\delta_{ij}^k(\text{Л})$  и  $\delta_{ij}^k(\text{П})$  – весовые коэффициенты долей  $P_{ij}^{ks}(\text{Л})$  и  $P_{ij}^{kt}(\text{П})$  соответственно. Сумма  $L'$  произведений этих долей на соответствующие коэффициенты должна стремиться к минимуму, т. е.

$$L' = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^{m_1} \delta_{ij}^{ks}(\text{Л}) \cdot P_{ij}^{ks}(\text{Л}) + \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^{m_2} \delta_{ij}^{kt}(\text{П}) \cdot P_{ij}^{kt}(\text{П}) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Следовательно, имеем задачу линейного программирования с минимизируемой целевой функцией  $L'$  при ограничениях (4). Задача решается симплекс-методом.

Разработанный метод может быть использован также при оптимизации распределения учебных часов между дисциплинами, формирующими данную компетенцию.

В качестве экспертов при формировании табл. 1 могут выступать сотрудники аппарата управления учебным процессом (учебного отдела, методического совета), председатели предметно-методических комиссий, квалифицированные преподаватели. При экспертном оценивании следует учитывать специфику и особенности конкретного учебного заведения.

В данной работе предложен метод решения задачи оптимизации распределения учебных часов между лекционными и практическими занятиями, основанный на сведении ее к задаче линейного программирования. Результатом данного исследования является построение математической модели, которая не разработана в известных источниках, посвященных вопросам совершенствования преподавания учебной дисциплины.

Однако, количество часов, отводимых на лекцию (практическое занятие), и весовые коэффициенты значимости данной доли учебных часов могут быть и нелинейными функциями тем и компетенций. Подобная ситуация возникает при неравномерном планировании учебного процесса. Экспертная информация, задаваемая в табл. 1, может быть нечеткой (задаваться, например, нечеткими числами [Алтунин, Семухин, 2003]). Кроме того, процесс планирования учебных часов может рассматриваться в динамике, он может быть многоэтапным. В этом случае разработанная модель усложняется. Требуется применение методов нелинейного или динамического программирования, а также оптимизация нечеткой целевой функции и решение систем уравнений с нечеткими коэффициентами. Рассмотрение этих вопросов является предметом будущих исследований.

## Заключение

Таким образом, в данном исследовании рассмотрен метод нахождения оптимального распределения учебных составляющих лекции и практического занятия при четкой

информации о весовых коэффициентах значимости данной доли учебных часов и ограничениях на ресурсы учебных часов. Проведен анализ составляющих лекции и практического занятия с учетом требований по формируемым компетенциям, выделены наиболее значимые компоненты. Определена целевая функция задачи распределения учебных часов в виде суммы произведений долей учебных часов на их коэффициенты значимости для формирования данной компетенции. Сформулированы ограничения, определяемые имеющимся фондом учебных часов на реализацию данной компетенции по конкретной теме. Построена математическая модель задачи, которая решается методами линейного программирования. Показан наглядный алгоритм геометрического решения задачи путем сведения ее к матричной игре.

В данной работе сформулированы ограничения разработанного метода и перспективы дальнейших исследований за счет нелинейности и динамичности рассматриваемых процессов и нечеткости экспертной информации.

Разработанный метод позволит повысить качество образовательного процесса. Он может использоваться не только в учебных заведениях, но и в других смежных областях, например, при подготовке кадрового резерва, повышении квалификации и т. д. Кроме того, данный метод может быть использован при планировании времени на изготовление составляющих сложных изделий и организацию управления комплексом сложных работ.

### Список литературы

- Алтунин А.Е., Семухин М.А. 2003. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: изд-во ТГУ, 352 с.
- Болгова Е.В., Касаткина Т.И., Кузьменко Р.В., Москаленко А.Г. 2019. Математическое моделирование и оптимизация расчета учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава кафедры. Вестник Воронежского института ФСИИ России, 1: 39–50.
- Ганичева А.В. 2012. Модель менеджмента качества учебных планов. Качество. Инновации. Образование, 4 (83): 37–41.
- Ганичева А.В., Ганичев А.В. 2023. Математические методы и модели учебного процесса: монография. Тверь: Тв ГТУ, 160 с.
- Григоревская Л.П., Григоревский Л.Б. 2007. Поиск критериев оптимального содержания обучения на лекционном и практическом занятиях. Сибирский педагогический журнал, 11: 54–66.
- Карпачев А.А., Стародубцев П.А., Бакланов Е.Н. 2015. Инварианты учебных планов высших учебных заведений. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», 7(2). DOI: 10.15862/50PVN215.
- Касаткина Т.И., Болгова Е.В., Россихина Л.В., Кузьменко Р.В. 2020. Подход к математическому моделированию распределения учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава кафедры на основе теории множеств. Моделирование, оптимизация и информационные технологии, 8(1): 19 DOI: 10.26102/2310-6018/202.
- Касаткина Т.И., Болгова Е.В., Россихина Л.В., Кузьменко Р.В., Дмитриев Е.В., Душкин А.В. 2019. Математическая модель оптимизации образовательного процесса для информационно-управляющей системы. Промышленные АСУ и контроллеры, 5: 33–43.
- Харитонов И.М. 2011. Моделирование процесса построения учебного плана на основе формализованного представления учебной дисциплины. Открытое образование, 2-1: 21–32.
- Шиккульский М.И., Евсина Е.М., Кравченкова Т.П. 2022. Разработка математической модели распределения фонда стимулирующих выплат с учетом рейтинговых оценок профессорско-преподавательского состава высшего учебного заведения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал, 1 (39): 157–163.
- Bronov S.A., Stepanova E.A., Panikarova N.F., Pichkovskaya S.Y. 2020. Structural control system for the educational program Based on Information Technology Proc. Int. Conf. on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society, 1: 286–293.
- Bronov S.A., Stepanova E.A., Pichkovskaya S.Y., Sheluhin A.V., Panikarova N.F. 2019. Information technology in the educational program design. Proc. Int. Conf. Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering-APITECH-2019 (Krasnoyarsk: SibGU), 33066.
- Ganicheva A.V. 2016. Optimization Models of Components of Educational Process British Journal of Mathematics & Computer Science, 14 (5): 1–11.

- García M.J., Escribano Otero J.J., Carracedo F.S., Millán E., González J. 2010. Optimization of Faculty Time-Management: Some Practical Ideas. *International Journal of Engineering Education*, 34(5): 1467–1478.
- Gutgarts R.D. 2020. Practical aspects of project-based learning in the study of the discipline “Developing information systems”. *Business Informatics*, 14(1): 51–61.
- Levshina N.I., Sannikova L.N., Abramzon T.E., Stepanova N.A., Velikanova S.S. 2020. Control and Analytical Activity of Teachers in the Educational Institution. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 12 (2): 725–733.
- Orlov A.I. 2023. About mathematical, statistical and instrumental methods of economy and management of science Polythematic Online Scientific. *Journal of Kuban State Agrarian University*, 186: 173–194.
- Orlov A.I. 2023. Controlling of economic and mathematical methods Polythematic Online Scientific. *Journal of Kuban State Agrarian University*, 190: 70–80.
- Orlov A.I. 2023. Mathematical model of optimal management of the learning process Polythematic Online. *Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, 185: 106–118.
- Souza M., Moreira R., Figueiredo E. 2019 Students perception on the use of project-based learning in software engineering education. *Proc. Int. Conf. of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES 2019)*, Salvador, Bahia, Brazil, 537–546.

### References

- Altunin A.E., Semuhin M.A. 2003. *Modeli i algoritmy prinjatija reshenij v nechetkih uslovijah* [Models and algorithms of decision-making in fuzzy conditions]. Tjumen': izd-vo TGU, 352 p.
- Bolgova E.V., Kasatkina T.I., Kuz'menko R.V., Moskalenko A.G. 2019. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizacija rascheta uchebnoj nagruzki professorsko-prepodavatel'skogo sostava kafedry* [Mathematical modeling and optimization of the calculation of the academic load of the teaching staff of the department]. *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii*, 1: 39–50.
- Ganicheva A.V. 2012. *Model' menedzhmenta kachestva uchebnyh planov* [The curriculum quality management model]. *Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie*, 4 (83): 37–41.
- Ganicheva A.V., Ganichev A.V. 2023. *Matematicheskie metody i modeli uchebnogo processa: monografija* [Mathematical methods and models of the educational process: a monograph]. Tver': Tv GTU, 160 p.
- Grigorevskaja L.P., Grigorevskij L.B. 2007 *Poisk kriteriev optimal'nogo sodержanija obuchenija na lekcionnom i prakticheskom zanjatijah* [Search for criteria for optimal learning content in lectures and practical classes]. *Sibirskij pedagogicheskij zhurnal*, 11: 54–66.
- Karpachev A.A., Starodubcev P.A., Baklanov E.N. 2015 *Invarianty uchebnyh planov vysshih uchebnyh zavedenij* [Search for criteria for optimal learning content in lectures and practical classes]. *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*, 7 (2). DOI: 10.15862/50PVN215.
- Kasatkina T.I., Bolgova E.V., Rossihina L.V., Kuz'menko R.V. 2020. *Podhod k matematicheskomu modelirovaniju raspredelenija uchebnoj nagruzki professorsko-prepodavatel'skogo sostava kafedry na osnove teorii mnozhestv* [An approach to mathematical modeling of the distribution of the academic load of the teaching staff of the department based on set theory]. *Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii*, 8 (1): 19 DOI: 10.26102/2310-6018/202.
- Kasatkina T.I., Bolgova E.V., Rossihina L.V., Kuz'menko R.V., Dmitriev E.V., Dushkin A.V. 2019. *Matematicheskaja model' optimizacii obrazovatel'nogo processa dlja informacionno-upravljajushhej sistemy* [A mathematical model for optimizing the educational process for an information management system]. *Promyshlennye ASU i kontrolyery*, 5: 33–43.
- Haritonov I.M. 2011. *Modelirovanie processa postroenija uchebnogo plana na osnove formalizovannogo predstavlenija uchebnoj discipliny* [Modeling the process of building a curriculum based on a formalized presentation of an academic discipline]. *Otkrytoe obrazovanie*, 2-1: 21–32.
- Shikul'skij M.I., Evsina E.M., Kravchenkova T.P. 2022. *Razrabotka matematicheskoj modeli raspredelenija fonda stimulirujushhih vyplat s uchetom rejtingovyh ocenok professorsko-prepodavatel'skogo sostava vysshego uchebnogo zavedenija* [Development of a mathematical model for the distribution of the incentive payments fund, taking into account the ratings of the teaching staff of the higher educational institution]. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspija: nauchno-tehnicheskij zhurnal*, 1 (39): 157–163.
- Bronov S.A., Stepanova E.A., Panikarova N.F., Pichkovskaya S.Y. 2020 *Structural control system for the educational program Based on Information Technology* *Proc. Int. Conf. on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society*, 1: 286–293.
- Bronov S.A., Stepanova E.A., Pichkovskaya S.Y., Sheluhin A.V., Panikarova N.F. 2019. *Information technology in the educational program design*. *Proc. Int. Conf. Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering-APITECH-2019 (Krasnoyarsk: SibGU)*, 33066.



- Ganicheva A.V. 2016 Optimization Models of Components of Educational Process British Journal of Mathematics & Computer Science, 14 (5): 1–11.
- García M.J., Escribano Otero J.J., Carracedo F.S., Millán E., González J. 2010. Optimization of Faculty Time-Management: Some Practical Ideas. International Journal of Engineering Education, 34 (5): 1467–1478.
- Gutgarts R.D. 2020. Practical aspects of project-based learning in the study of the discipline “Developing information systems”. Business Informatics, 14 (1): 51–61.
- Levshina N.I., Sannikova L.N., Abramzon T.E., Stepanova N.A., Velikanova S.S. 2020. Control and Analytical Activity of Teachers in the Educational Institution. International Journal of Innovation, Creativity and Change, 12 (2): 725–733.
- Orlov A.I. 2023. About mathematical, statistical and instrumental methods of economy and management of science Polythematic Online Scientific. Journal of Kuban State Agrarian University, 186: 173–194.
- Orlov A.I. 2023. Controlling of economic and mathematical methods Polythematic Online Scientific. Journal of Kuban State Agrarian University, 190: 70–80.
- Orlov A.I. 2023. Mathematical model of optimal management of the learning process Polythematic Online. Scientific Journal of Kuban State Agrarian University, 185: 106–118.
- Souza M., Moreira R., Figueiredo E. 2019. Students perception on the use of project-based learning in software engineering education. Proc. Int. Conf. of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES 2019), Salvador, Bahia, Brazil, 537–546.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 16.08.2024

Received August 16, 2024

Поступила после рецензирования 03.12.2024

Revised December 03, 2024

Принята к публикации 05.12.2024

Accepted December 05, 2024

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ганичева Антонина Валериановна**, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физико-математических дисциплин и информационных технологий, Тверская государственная сельскохозяйственная академия, г. Тверь, Россия

**Antonina V. Ganicheva**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department Physical and Mathematical Disciplines and Information Technology, Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia

**Ганичев Алексей Валерианович**, старший преподаватель кафедры информатики и прикладной математики, Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия

**Alexey V. Ganichev**, Senior lecturer of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Tver State Technical University, Tver, Russia

УДК 004.932.72

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-873-886

## Решение задачи сегментации и классификации лейкоцитов на изображениях с использованием трансферного обучения и ансамбля сверточных нейронных сетей

**Черных Е.М., Михелев В.М., Петров Д.В., Утянский А.А.**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
E-mail: jaddyroot@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье представлено исследование, направленное на разработку инновационного метода автоматизированного подсчета и классификации лейкоцитов на цифровых микроскопических изображениях крови. Предложенный подход нацелен на преодоление ключевых ограничений существующих методов, обеспечивая высокую точность, универсальность и устойчивость к вариабельности входных данных. Новизна метода заключается в использовании преимуществ трансферного обучения и объединения сверточных нейросетей в ансамбль, что позволяет значительно повысить точность распознавания различных типов лейкоцитов. Разработанный алгоритм реализует трехэтапный процесс обработки изображений: сегментацию лейкоцитов с использованием ансамбля моделей, постобработку сегментированных изображений для улучшения их качества и финальную классификацию. Приведенные данные вычислительного эксперимента демонстрируют значительную эффективность предложенного подхода и подтверждают его универсальность. Результаты работы могут послужить основой для разработки новых автоматизированных систем диагностики для применения в клинической практике, способных повысить скорость и точность анализа крови, что является важным шагом на пути к повышению качества медицинского обслуживания.

**Ключевые слова:** обработка изображений, компьютерное зрение, микроскопические изображения крови, машинное обучение, сегментация, классификация лейкоцитов

**Для цитирования:** Черных Е.М., Михелев В.М., Петров Д.В., Утянский А.А. 2024. Решение задачи сегментации и классификации лейкоцитов на изображениях с использованием трансферного обучения и ансамбля сверточных нейронных сетей. Экономика. Информатика, 51(4): 873–886. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-873-886

---

## Solving the Problem of Leukocyte Segmentation and Classification in Images Using Transfer Learning and an Ensemble of Convolutional Neural Networks

**Evgeniy M. Chernykh, Vladimir M. Mikhelev, Denis V. Petrov, Artem A. Utyanskiy**

Belgorod State National Research University  
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia  
E-mail: jaddyroot@gmail.com

**Abstract.** This article presents a study aimed at developing an innovative method for automated counting and classification of leukocytes in digital microscopic blood images. The proposed approach is designed to overcome key limitations of existing methods, ensuring high accuracy, versatility, and robustness to input data variability. The novelty of the method lies in leveraging the advantages of transfer learning and combining convolutional neural networks into an ensemble, which significantly enhances the accuracy of recognizing various leukocyte types. The developed algorithm implements a three-stage image processing procedure: leukocyte segmentation using an ensemble of models, post-processing of segmented images to



improve their quality, and final classification. The computational experiment data demonstrate a significant effectiveness of the proposed approach and confirm its versatility. The results of this work can serve as a foundation for developing new automated diagnostic systems for clinical practice capable of increasing the speed and accuracy of blood analysis, which represents an important step towards improving the quality of medical care.

**Keywords:** images processing, computer vision, blood microscopic images, machine learning, segmentation, leukocytes classification

**For citation:** Chernykh E.M., Mikhelev V.M., Petrov D.V., Utyanskiy A.A. 2024. Solving the Problem of Leukocyte Segmentation and Classification in Images Using Transfer Learning and an Ensemble of Convolutional Neural Networks. Economics. Information technologies, 51(4): 873–886 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-873-886

## Введение

В современной медицинской диагностике клинический анализ крови с построением лейкоцитарной формулы играет ключевую роль, поскольку этот метод позволяет определить процентное соотношение различных типов лейкоцитов в крови, что имеет важное значение для диагностики и мониторинга широкого спектра заболеваний [Волкова, Боровков, 2013]. С развитием цифровых технологий и цифровой микроскопии открылись новые возможности для автоматизации этого процесса, что может значительно повысить его эффективность и точность.

Несмотря на многолетние исследования в области автоматизированного морфологического анализа лейкоцитов [Almezhghwi, Serte, 2020; Zhang et al., 2020], до сих пор не существует оптимального метода, который мог бы быть использован в качестве надежной системы поддержки принятия решений в лабораториях [Черных и др., 2023]. Существующие методы часто сталкиваются с проблемами точности, скорости обработки и способности работать с большими объемами данных. Особенно это касается новых и нетипичных данных, которые могут значительно отличаться от тех, на основе которых были разработаны методы, что приводит к снижению их эффективности и надежности.

В последние годы наблюдается стремительный рост разработки и внедрения цифровых и автоматизированных решений в различные сферы человеческой деятельности, включая здравоохранение. С появлением цифровых камер в середине 1990-х годов уровень автоматизации цитометрии – техники измерения характеристик клеток – на основе изображений неуклонно возрастал. В настоящее время изображения клеток крови являются основным объектом исследования для методов компьютерного зрения и машинного обучения, применяемых в цифровой микроскопии [Батищев и др., 2020; Chernykh, Mikhelev, 2021]. Эти инновации, несомненно, имеют множество преимуществ, однако их внедрение также повышает необходимость контроля и обеспечения качества процессов, в которых они применяются. В частности, несмотря на то, что современные достижения в области систем поддержки принятия решений позволяют ускорить трудоемкий процесс анализа данных медицинской визуализации, все еще отсутствует общий стандарт оценки качества обрабатываемых медицинских снимков [Li, Paramesran, 2016]. Важно отметить, что оценка качества медицинских изображений не тождественна оценке качества диагностики. Тем не менее высокое качество изображений является важным для получения точных результатов анализа, будь то анализ, проводимый специалистами или автоматизированными системами.

В связи с вышеописанными проблемами цель данной работы направлена на разработку метода решения задачи сегментации и классификации лейкоцитов на изображениях с использованием трансферного обучения и ансамбля сверточных нейронных сетей. Трансферное обучение позволяет эффективно использовать знания, полученные при решении схожих задач, что особенно важно при ограниченном объеме

доступных данных, а объединение моделей нейронных сетей в ансамбль, в свою очередь, может повысить точность и надежность результатов их работы. Предлагаемый подход призван обеспечить более точную и эффективную обработку цифровых изображений клеток крови, что в конечном итоге может способствовать повышению качества медицинской диагностики. Кроме того, разработанный метод может стать основой для создания стандарта оценки качества медицинских изображений в области гематологии.

### **Анализ современных подходов к решению задачи классификации лейкоцитов**

Общий клинический анализ крови занимает центральное место среди методов медицинской диагностики, поскольку данное исследование демонстрирует максимально достоверную картину ответной реакции организма на разнообразные патологические и физиологические воздействия. Благодаря своей информативности и диагностической ценности этот метод часто становится отправной точкой для дальнейшего обследования пациента.

Ключевым элементом клинического анализа крови выступает исследование лейкограммы, отражающей процентное распределение различных классов лейкоцитов и их количественное содержание в заданном объеме крови [Волкова, Боровков, 2013]. Фундаментальная роль лейкоцитов, также известных как белые клетки крови, состоит в обеспечении защитных механизмов организма от патогенных факторов и чужеродных агентов, таким образом, данные клетки являются основополагающими элементами в формировании иммунной системы человека.

Наиболее отличительными внешними признаками лейкоцитов являются крупный размер клетки и наличие у нее ядра, а для выделения белых клеток крови в мазке прибегают к специальным методам окрашивания, которое наделяет клетки цветом от розового до темно-фиолетового. В современной гематологии различают пять основных классов лейкоцитов: лимфоциты, моноциты, нейтрофилы, эозинофилы и базофилы. Каждая из этих популяций характеризуется специфическими морфологическими параметрами, физиологическими функциями и референсными интервалами количественных показателей.

**Нейтрофилы** являются доминирующей популяцией среди всех форм лейкоцитов, составляя 47–72 % общего числа белых клеток. Их физиологическая роль заключается в обеспечении защиты против инфекций, удалении микроорганизмов в очагах воспалений и поврежденных тканях. Повышение числа нейтрофилов часто наблюдается при термических поражениях, инфарктах, острых аппендицитах и ряде других заболеваний. При проведении исследования с применением окрашивания цитоплазма нейтрофилов приобретает бледно-синюю окраску.

**Эозинофилы** выделяются наличием большого количества гранул в цитоплазме, которые при окрашивании приобретают красный оттенок, контрастирующий с фиолетово-синеватым ядром. Деятельность эозинофилов направлена на устранение мельчайших частиц вирусов и бактерий. Нормальный диапазон их содержания составляет от 0,5 % до 2 % от общего числа белых кровяных клеток.

Функциональная активность **лимфоцитов** направлена на продукцию иммуноглобулинов и регулирование межклеточных взаимодействий. Количественное содержание популяции лимфоцитов зависит от возраста: у детей их доля может достигать 50 % от общего числа лейкоцитов, тогда как у взрослых этот показатель колеблется в диапазоне 25–40 %.

**Моноциты** представлены наиболее крупными по размеру представителями лейкоцитов, отличительной особенностью которых является наличие бобовидного ядра и большого объема цитоплазмы. Данные клетки обладают выраженной способностью мигрировать в зону воспаления, где осуществляют фагоцитоз бактериальных агентов, вирусных частиц и продуктов отмирания клеток. В периферической крови относительное содержание моноцитов находится в интервале 2–9 %.

Отличительным маркером **базофилов** является присутствие в цитоплазме, окружающей клетку, крупных гранул лилово-синего цвета. Данная популяция представляет наименее многочисленную фракцию лейкоцитов, составляя приблизительно 0,5 % от их общего количества. Ядро базофилов имеет характерную S-образную форму, включающую в себя пару сегментов. Их физиологическая роль преимущественно связана с ответом организма на аллергию. Базофилия может служить индикатором ряда патологий, включая грипп, туберкулезную инфекцию, вирус оспы и другие заболевания.

Ручной визуальный анализ исторически стал первым устоявшимся методом количественной оценки и дифференциации лейкоцитов, что предполагало визуальный микроскопический анализ от 100 до 200 лейкоцитов. Этот метод позволяет детально оценить морфологию клеток, что важно для выявления незрелых и аномальных лейкоцитов. Однако субъективность визуальной оценки, детерминированная индивидуальными особенностями зрительного восприятия и уровнем профессиональной компетенции специалиста, может приводить к вариабельности результатов. Неравномерное распределение клеток в препарате и отсутствие стандартизации делают ручной анализ трудоемким и субъективным методом, для которого трудно избежать человеческого фактора, аналитических ошибок и погрешности при повторных анализах [Батищев и др., 2020]. В современном медицинском анализе крови наряду с ручной микроскопией широко используются автоматизированные системы. Они обеспечивают более высокую точность результатов и скорость выполнения анализа [Li, Paramesran, 2016; Ma et al., 2020]. С момента появления цифровой микроскопии увеличивается количество попыток автоматизировать микроскопический анализ на основе цифровых изображений. Ученые по всему миру разрабатывают новые подходы, используя методы компьютерного зрения и машинного обучения.

Так, в контексте общепринятой методологии классификации цифровых изображений лейкоцитов, включающей этапы предобработки, сегментации, обнаружения и классификации, исследование Rosyadi T. [Rosyadi et al., 2016] было направлено на определение морфометрических параметров, обеспечивающих максимальную точность классификации. Результаты исследования продемонстрировали, что наивысший показатель точности (67 %) достигается при использовании параметра округлости, в то время как применение показателя эксцентриситета характеризуется минимальной точностью, составляющей 43 %.

Di Ruberto C., Loddo A. добились [Ruberto, Putzu, 2014] точности от 94,1 % до 99,7 % на различных наборах данных. Они использовали поэтапный подход, объединяя модули предварительной обработки изображений для нахождения масок клеток, сегментации путем нахождения границ водоразделов и классификации (объединение SVM-классификаторов).

Нестандартная методика сегментации лейкоцитов была представлена в исследовании Wang W. и Su. P.Y. [Wang, Su, 2012]. Авторы интегрировали алгоритмы активного контура для детекции границ клеточных структур и их ядер. Классификация осуществлялась посредством SVM на основе текстурных признаков и параметров насыщенности, обеспечив точность классификации 89,6 %. Несмотря на то, что SVM считается традиционным инструментом в области классификации медицинских изображений, данный метод характеризуется повышенными требованиями к вычислительным ресурсам и демонстрирует более низкую точность в сравнении со сверточными нейронными сетями (CNN) [Ibrahim et al., 2019].

В работе Almezghwi K. и Serte S. [Almezghwi, Serte, 2020] представлен всесторонний анализ производительности различных классификаторов лейкоцитов. Исследование включало оценку разнообразных конфигураций CNN в сочетании с применением GAN (генеративно-состязательных сетей) и расширенной аугментацией данных. Методология базировалась на предварительно обработанных изображениях с

последующим извлечением характерных признаков. Результаты валидации продемонстрировали максимальную точность в 98,8 %.

Исследование Lin L. и Wang W. A [Lin, Wang, 2018] представило непараметрический подход к выделению текстурных характеристик, базирующихся на алгоритме расширения областей и mean-shift кластеризации. Данный сегментационный метод реализует анализ пространственно близких пикселей относительно исходных точек для определения их принадлежности к единой области. Верификация эффективности предложенного подхода осуществлялась посредством SVM-классификации, продемонстрировав точность 97,96 %.

Инновационный подход к сегментации лейкоцитов и их ядер представлен в исследовании Zhang C. и др. [Zhang et al., 2020]. Разработанная архитектура интегрирует состязательную сеть, сверточные слои и гистограмму направленных градиентов для извлечения признаков. Предложенная модель осуществляет мультимасштабный анализ клеточных изображений с последующей SVM-классификацией лейкоцитов. Валидация методологии на наборе 5 тысяч изображений показала точность от 85 % до 95,93% по трем различным метрикам оценки.

Анализ научной литературы показывает, что методы количественной оценки и дифференциации лейкоцитов развиваются более полувека. Эволюция методологии включает переход от ручных техник к автоматизированным системам, основанным на проточной цитометрии и алгоритмах компьютерного зрения. Существующие автоматизированные методы классификации, несмотря на высокую точность в контролируемых условиях, демонстрируют ограниченную эффективность при обработке разнородных изображений. Современные автоматизированные системы характеризуются высокой стоимостью и жесткими требованиями к качеству входных данных.

В связи с вышеизложенным проблема разработки доступных методов оперативной количественной оценки и классификации лейкоцитов на микроскопических цифровых изображениях, обеспечивающих клинически приемлемую точность, остается актуальной. Также исходя из того, что создание данного метода является одной из первостепенных задач в области проведения автоматизированного клинического анализа крови, **цель** данного исследования – разработка универсального и эффективного метода для решения задачи классификации лейкоцитов на цифровых микроскопических снимках клеток крови посредством развития существующих подходов к ее решению.

### **Описание предлагаемого подхода**

В результате проведенного анализа современного состояния подходов к решению задачи классификации лейкоцитов на цифровых изображениях клеток крови было установлено, что для достижения наиболее точного результата решение задачи происходит в несколько этапов, среди которых наиболее часто встречаются: предварительная обработка изображения, сегментация и обнаружение лейкоцитов, извлечение признаков из обнаруженных клеток, а затем – их классификация. Предлагаемый подход состоит из трех этапов работы с исходным микроскопическим снимком: сегментации, постобработки, классификации.

**Сегментация.** Цель начального этапа – извлечение областей с предполагаемыми лейкоцитами из входного изображения относительно общего фона и других объектов. В результате сравнения существующих методов сегментации микроскопических объектов с целью определения наиболее эффективного и универсального, было принято решение использовать сверточную нейронную сеть архитектуры U-net [Ronneberger et al., 2015] с использованием техники трансферного обучения, которая позволяет повысить ее начальную точность путем применения уже обученной для решения одной задачи модель для решения другой целевой, зачастую более узкой, задачи [Tamang et al., 2022]. В данном наборе нами было выполнено дополнительное обучение U-net на базе больших архитектур InceptionResNetV2 и двух различных моделей семейства EfficientNet, которые были

предварительно обучены на наборе данных ImageNet, включающих в себя более 14 млн изображений от многих тысяч классов. С целью оптимизации точности сегментации в ходе дополнительных экспериментов было разработано решение, основанное на комбинировании трех обученных моделей в единый ансамбль, который основан на принципе взвешенного голосования: прогностические выходные значения каждой модели подвергаются умножению на соответствующий весовой коэффициент, после чего производится расчет их среднего арифметического, которое и представляет собой итоговый результат работы ансамбля [Ganaie et al., 2022]. Финальным результатом этапа сегментации является черно-белое изображение (бинарная маска), где области, содержащие лейкоциты, отображены белым цветом, а все остальное – черным. Следует отметить, что дальнейшее использование необработанной бинарной маски на последующих этапах может привести к снижению эффективности классификации из-за возможного присутствия артефактов и ложно обнаруженных объектов. На рис. 1 продемонстрированы результаты сегментации для ряда входных изображений. Наблюдается заметное повышение точности сегментации при использовании ансамбля моделей: можно заметить, что мелкие артефакты, представляющие небольшие ложноположительные области, присутствующие в результате работы отдельных моделей, эффективно устраняются на итоговом этапе сегментации благодаря взвешенному усреднению результатов. Это свидетельствует о способности ансамблевого подхода компенсировать ошибки и особенности работы составляющих его моделей.

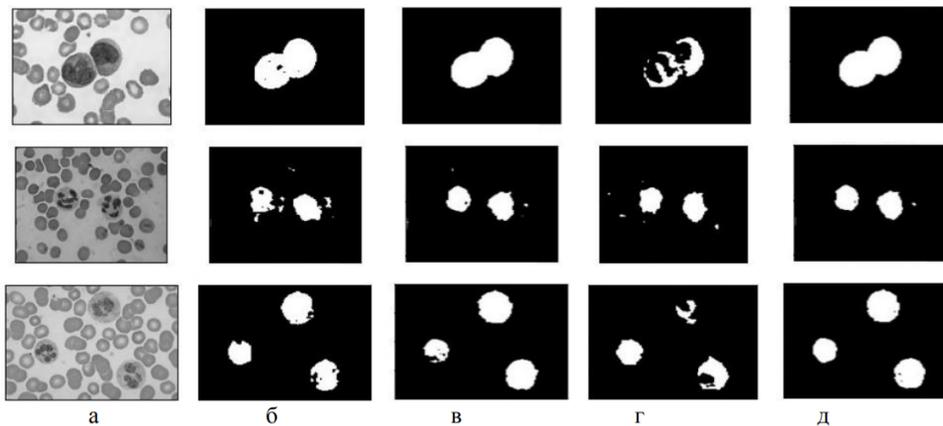


Рис. 1. Примеры результатов сегментации отдельными моделями и их ансамблем  
 Fig. 1. Examples of segmentation results by individual models and their ensemble

- а – исходные изображения; б – сегментация EfficientNetB2; в – сегментация EfficientNetB7;  
 г – сегментация InceptionResNetV2; д – сегментация ансамблем моделей  
 a – original images, b – EfficientNetB2 segmentation, c – EfficientNetB7 segmentation,  
 d – InceptionResNetV2 segmentation, e – segmentation by the models ensemble

**Постобработка.** Результаты сегментации, независимо от их качества, подвергаются дополнительной обработке перед подачей на вход классификатора. Этот этап направлен на минимизацию погрешностей сегментации и подготовку изображений отдельных клеток для последующей классификации. Процесс обработки решает две основные задачи: очистку результатов сегментации от артефактов и выделение индивидуальных клеточных объектов. Алгоритм включает следующие шаги:

1. Использование операций математической морфологии для очистки изображения от шумов, увеличения сглаживания и наращивания границ. Промежуточный результат данного шага проиллюстрирован на рисунке 2.
2. Маркировка связных областей пикселей и расчет их площадей для последующего анализа.
3. Фильтрация объектов на основе их площади: вычисление медианного значения площади как оценки среднего размера лейкоцита в текущем масштабе, с последующим

удалением областей, значительно отклоняющихся от этой оценки в большую или меньшую стороны. Рисунок 3 ниже иллюстрирует отличия исходной бинарной маски от маски, для которой выполнено удаление лишних объектов.

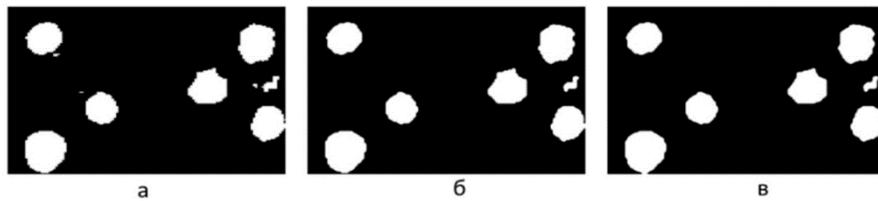


Рис. 2. Результат обработки с помощью операций математической морфологии  
Fig. 2. The result of processing using mathematical morphology

а – исходная бинарная маска; б – результат применения операции размыкания;  
в – результат применения последующей операции замыкания  
a – original binary mask, b – result of the opening operation, c – result of the closing operation

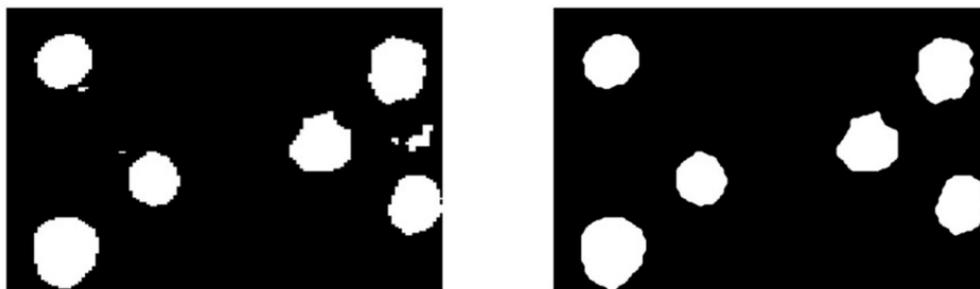


Рис. 3. Результат очистки бинарной маски от нерелевантных объектов  
Fig. 3. The result of clearing the binary mask from irrelevant objects

4. Использование алгоритма Watershed для разделения слипшихся или перекрывающихся клеток на отдельные объекты.

5. Подсчет количества выделенных объектов, соответствующих критерию средней площади, и построение прямоугольных контуров вокруг предполагаемых лейкоцитов для последующего извлечения этих областей из исходного цветного изображения.

Рисунок 4 иллюстрирует ключевые этапы описанного процесса постобработки. На итоговом изображении демонстрируется успешное выделение клеток различными цветами, в том числе в случаях их наложения или склеивания.

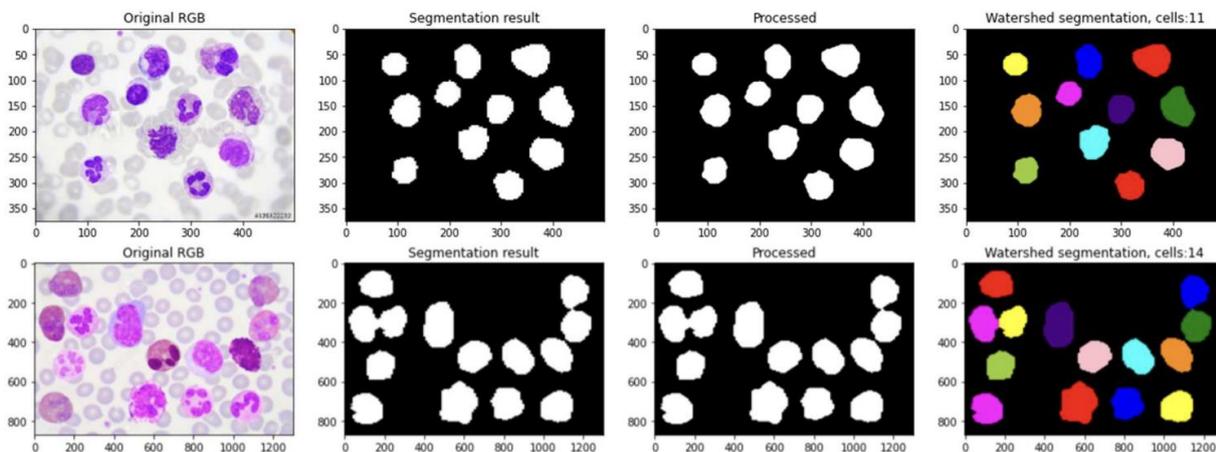


Рис. 4. Иллюстрация промежуточных результатов этапа постобработки бинарной маски  
Fig. 4. Illustration of intermediate results of the binary mask post-processing stage

**Классификация.** Каждый сегмент исходного изображения, идентифицированный как лейкоцит, подвергается процессу классификации по пяти основным классам. В таблице 1 представлены итоговые значения точности работы моделей различных архитектур, обученные по технике трансферного обучения. На основании полученных результатов архитектура InceptionResNetV2 была выбрана в качестве целевой модели для использования в предложенном методе, поскольку она продемонстрировала наилучшие показатели.

Таблица 1  
Table 1

Сравнительный анализ точности классификации лейкоцитов  
 различными архитектурами нейронных сетей  
 Comparative analysis of the accuracy of leukocyte classification  
 by different neural network architectures

№ п/п	Архитектура нейронной сети	Точность работы
1	Xception	90,11 %
2	VGG16	92,79 %
3	VGG19	89,73 %
4	InceptionV3	92,31 %
5	InceptionResNetV2	92,69 %

Процесс классификации реализуется посредством модуля, использующего архитектуру InceptionResNetV2. На вход классификатора поступают изображения вырезанных лейкоцитов, а итоговым результатом является определение их принадлежности к одному из пяти дифференцируемых классов.

Для обучения моделей сегментации и классификации были подготовлены отдельные наборы данных соответственно. В свою очередь, каждая из моделей сегментации, входящих в ансамбль, также была обучена отдельно. Сравнительный анализ результатов обучения моделей сегментации и классификации выявил, что использование нескольких датасетов для обучения существенно повышает устойчивость модели к новым типам данных, тем самым увеличивая ее практическую значимость. Важно отметить, что объединение нескольких наборов данных в единый датасет предоставляет ряд преимуществ, включая увеличение разнообразия данных, снижение риска переобучения и повышение общей устойчивости модели. Однако эти преимущества реализуются в полной мере только при соблюдении определенных условий: датасеты должны иметь схожую структуру, иметь схожий объем данных и унифицированную систему аннотаций. Для решения задач сегментации и классификации были сформированы два составных датасета, каждый из которых включал в себя три различных набора данных.

Датасет для обучения моделей сегментации содержал более 9500 пар изображений, из которых 90 % использовались для обучения, а 10 % – для оценки точности. Этот датасет включал в себя следующие наборы данных: Jiangxi Tecom Science Corporation и CellaVision [Zheng et al., 2018], База данных LISC [Acevedo et al., 2020]. На рисунке 5 представлены примеры обучающих пар для модели сегментации "цветное изображение" – "бинарная маска".

Датасет для обучения классификатора состоял из более чем 18000 изображений, также разделенных на обучающую (90 %) и тестовую (10 %) выборки. В его состав вошли: часть набора аннотированных одиночных клеток [Zheng et al., 2018] (без использования бинарных масок), датасет из репозитория Mendeley, размеченный набор снимков лейкоцитов с платформы Kaggle.

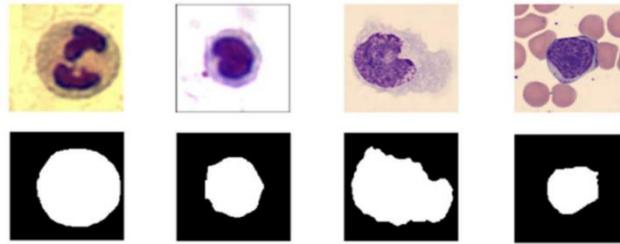


Рис. 5. Примеры обучающих изображений и их масок сегментации  
Fig. 5. Examples of training images and their segmentation masks

Оценка качества модели нейронной сети является критическим аспектом в процессе ее обучения для решения задач сегментации изображений, особенно в контексте медицинских снимков, где точность имеет первостепенное значение. В данном контексте наиболее релевантной метрикой выступает "коэффициент Жаккара", также известный как IoU (Intersection over Union). Этот коэффициент представляет собой статистическую меру, математически определяющий отношение площади пересечения множеств к площади их объединения. Данная метрика особенно ценна в задачах сегментации медицинских изображений благодаря своей способности учитывать как верные, так и ошибочные результаты. Эта особенность приобретает критическое значение при анализе объектов, занимающих лишь небольшую часть общей площади изображения. Высокая чувствительность индекса к ошибкам на границах объектов играет ключевую роль в обеспечении точности медицинской диагностики, позволяя выявлять даже незначительные отклонения исследуемых структур [Zheng et al., 2020].

Для оценки эффективности разработанного метода был проведен комплексный вычислительный эксперимент. В качестве тестового набора использовалась десятая часть исходного набора данных, которая не была использована для обучения. Ниже представлены результаты сегментации на тестовой выборке для каждой модели, чья эффективность оценивалась через использование IoU метрики:

- EfficientNetB2 = 0.99210113;
- EfficientNetB7 = 0.9941689;
- InceptionResNetV2 = 0.9921921;
- Ансамбль моделей = 0.9948523.

Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности обучения моделей, демонстрируя точность сегментации на уровне 99 % и выше. Примечательно, что объединение моделей в ансамбль привело к дальнейшему повышению точности до 99,48 %. Это улучшение можно объяснить способностью ансамбля компенсировать индивидуальные недостатки отдельных моделей, усреднять их прогнозы и, таким образом, минимизировать влияние случайных ошибок. Данный результат подтверждает эффективность предложенного подхода использования ансамбля моделей для задачи сегментации лейкоцитов.

Точность классификатора, полученного путем трансферного обучения на базе архитектуры InceptionResNetV2, составила 0.92699210 (приблизительно 93 %) на тестовой выборке. Для оценки устойчивости и способности модели к обобщению был проведен дополнительный эксперимент с использованием 27 изображений одиночных лейкоцитов различных классов, полученных из открытых источников в сети Интернет. Эти изображения отличительны высокой вариабельностью с точки зрения освещенности, цветовой гаммы, контраста клеток и фона, а также насыщенности, что позволило оценить производительность модели в условиях, максимально приближенных к реальным.

Результаты данного эксперимента, представленные на рисунке 6, показывают, что только 50 % снимков были классифицированы корректно, что указывает на определенные ограничения модели при работе с изображениями, отличающимися от обучающего набора, и подчеркивает необходимость дальнейшей работы над повышением универсальности классификатора.

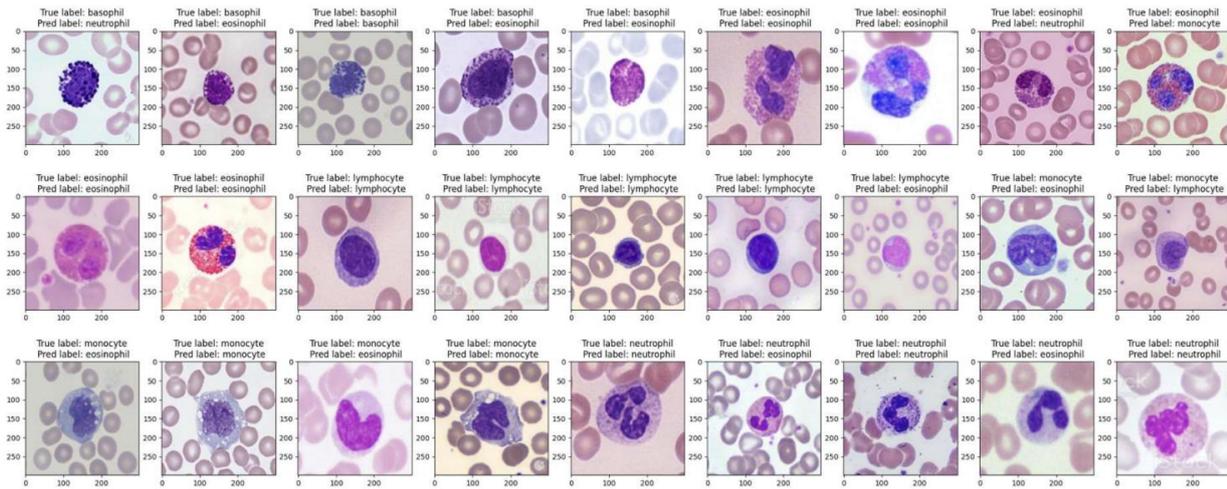


Рис. 6. Анализ точности классификации на наборе отобранных изображений  
 Fig. 6. Classification accuracy analysis on a set of selected images

Для более детального анализа производительности классификатора была построена матрица ошибок, представленная на рисунке 7. Анализ значений матрицы позволяет сделать следующие выводы: модель демонстрирует неравномерную точность классификации для различных типов лейкоцитов, что отражает сложность задачи. Наибольшие трудности у модели наблюдаются при анализе базофилов, что может быть связано с низким числом их образцов в датасете из-за естественного дисбаланса: базофилы – наиболее редко встречающийся класс лейкоцитов. Данная проблема типична для несбалансированных датасетов медицинских задач. Нейтрофилы, несмотря на преобладание их образцов в обучающем наборе, также часто классифицируются неверно, что может указывать на проблему сложности их дифференциации или переобучение модели. Также наблюдается значительное количество ошибок между морфологически близкими классами, такими как эозинофилы и нейтрофилы, что отражает реальные трудности анализа, с которыми сталкиваются эксперты.

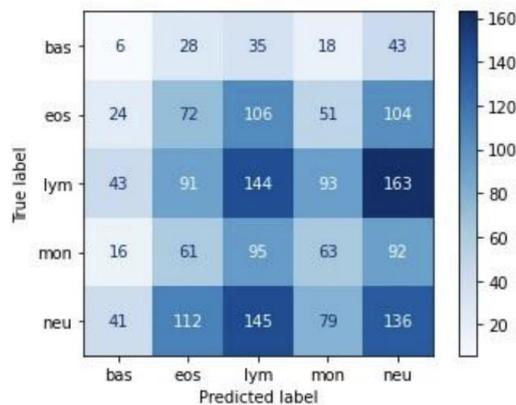


Рис. 7. Матрица ошибок производительности модели классификации  
 Fig. 7. Classification model performance confusion matrix

Для повышения точности классификатора можно рассмотреть следующие подходы:

1. Использование техники балансировки классов при обучении, например, oversampling редких классов, предполагающий увеличение числа примеров редких классов путем синтетической генерации новых примеров, или undersampling для преобладающих классов через уменьшение количества примеров в преобладающих классах.
2. Применение продвинутых методов аугментации данных для увеличения разнообразия обучающих примеров, особенно для редких классов.

3. Использование техники регуляризации для снижения риска переобучения и повышения способности к обобщению у модели.

4. Задействование более сложных методов ансамблирования моделей, например, стэкинг – использование предсказаний нескольких базовых моделей в качестве входных данных для мета-модели, которая делает окончательное предсказание; или бустинг – последовательное обучение слабых моделей, каждая из которых направлена на исправление ошибок предыдущих.

5. Исследование возможности применения методов интерпретируемого машинного обучения для лучшего понимания процесса принятия решений моделью и выявления ключевых признаков, используемых для классификации, что особенно важно в медицинских приложениях. Например, LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations): объясняет предсказания сложных моделей машинного обучения путем создания локальной линейной аппроксимации поведения модели вокруг конкретного экземпляра данных, а SHAP (SHapley Additive exPlanations) использует концепцию из теории кооперативных игр для оценки вклада каждого признака в предсказание модели, обеспечивая согласованное и теоретически обоснованное распределение важности признаков для каждого отдельного прогноза.

### Заключение

Представленное в данной работе исследование демонстрирует эффективность предложенного подхода к сегментации и классификации лейкоцитов на изображениях клеток крови. Разработанный метод на основе трансферного обучения и ансамбля моделей сверточных нейронных сетей показал высокую точность сегментации (99,48 %) и хорошие результаты в решении задачи классификации – 93 % на тестовом наборе, но несмотря на это, эксперименты с изображениями из внешних источников выявляют ограничения в способности модели к обобщению на данных, отличающихся от обучающего набора, что представляет существенный вызов для внедрения системы в клиническую практику, где разнообразие образцов может быть значительным. Анализ матрицы ошибок позволил идентифицировать ключевые проблемы, связанные с дисбалансом классов и сложностью классификации морфологически схожих типов клеток. Выявленные ограничения открывают перспективные направления для дальнейших исследований, включая разработку методов адаптации модели к различным источникам данных и улучшение классификации морфологически схожих типов клеток. Реализация предложенных рекомендаций может значительно повысить универсальность и надежность системы, приблизив ее к требованиям реальной клинической практики.

Несмотря на выявленные ограничения разработанный метод демонстрирует высокий потенциал для автоматизации анализа микроскопических исследований. Дальнейшее развитие и совершенствование подхода позволит прийти к созданию надежных интерпретируемых автоматизированных экспертных систем диагностики, позволяющих существенно повысить эффективность, точность, скорость и качество гематологических исследований и, следовательно, способствовать повышению качества медицинского обслуживания.

### Список литературы

- Батищев Д.С., Михелев В.М., Утянский А.А. 2020. Метод сегментации перекрывающихся форменных элементов крови на микроскопических медицинских изображениях. Экономика. Информатика. 47(4): 803–815.
- Волкова С.А. Боровков Н.Н. 2013. Основы клинической гематологии: учебное пособие. Н. Новгород. Издательство Нижегородской гос. медицинской академии, 400 с.
- Черных Е.М., Михелев В.М., Петров Д.В. 2023. Безэталонные метрики качества изображений клеток крови. Экономика. Информатика. 50(2): 380–388.

- Acevedo A., Merino González A., Alférez Baquero E.S., Molina Borrás Á., Boldú Nebot L., Rodellar Benedé J. 2020. A dataset of microscopic peripheral blood cell images for development of automatic recognition systems. *Data in brief*, 30(article 105474).
- Almezhghwi K., Serte S. 2020. Improved classification of white blood cells with the generative adversarial network and deep convolutional neural network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2020(1), 6490479.
- Chernykh E.M., Mikhelev V.M. 2021. A computer system for the leukocytes classification in medical images. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1715(1): 012007.
- Chow L.S., Paramesran R. 2016. Review of medical image quality assessment. *Biomedical signal processing and control*. 27: 145–154.
- Clunie D., Hosseinzadeh D., Wintell M., De Mena D., Lajara N., Garcia-Rojo M., Bueno G., Saligrama K., Stearrett A., Toomey D., Abels E., Apeldoorn F.V., Langevin S., Nichols S., Schmid J., Horchner U., Beckwith B., Parwani A., Pantanowitz L. 2018. Digital Imaging and Communications in Medicine Whole Slide Imaging Connectathon at Digital Pathology Association Pathology Visions 2017. *Journal of pathology informatics*, 9(1).
- Di Ruberto C., Putzu L. 2014. Accurate blood cells segmentation through intuitionistic fuzzy set threshold. *Tenth international conference on signal-image technology and internet-based systems* (pp. 57–64). IEEE.
- Ganaie M.A., Hu M., Malik A.K., Tanveer M., Suganthan P.N. 2022. Ensemble deep learning: A review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 115, 105151.
- Ibrahim S., Rozan M.H.C., Sabri N. 2019. Comparative analysis of support vector machine (SVM) and convolutional neural network (CNN) for white blood cells' classification. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(1.3): 394–399.
- Lin L., Wang W. 2018. A robust leukocyte recognition method based on multi-scale regional growth and mean-shift clustering. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 12(3), 208–216.
- Ma J.J., Nakarmi U., Kin C.Y.S., Sandino C.M., Cheng J.Y., Syed A.B., Wei P., Pauly J.M., Vasanawala S. S. 2020. Diagnostic image quality assessment and classification in medical imaging: opportunities and challenges. *Proceedings. IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*: 337–340.
- Ronneberger O., Fischer P., Brox T. 2015. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *Medical image computing and computer-assisted intervention–MICCAI 2015: 18th international conference, Munich, Germany, October 5-9, 2015, proceedings, part III 18*: 234–241. Springer International Publishing.
- Rosyadi T., Arif A., Achmad B. 2016. Classification of leukocyte images using k-means clustering based on geometry features. In *2016 6th international annual engineering seminar*. 245–249).
- Tamang T., Baral S., Paing M.P. 2022. Classification of white blood cells: A comprehensive study using transfer learning based on convolutional neural networks. *Diagnostics*, 12(12), 2903.
- Wang W., Su P.Y. 2012. Blood cell image segmentation on color and GVF snake for Leukocyte classification on SVM. *Guangxue Jingmi Gongcheng/Optics and Precision Engineering*, 20(12): 2781–2790.
- Zhang C., Wu S., Lu Z., Shen Y., Wang J., Huang P., Li D. 2020. Hybrid adversarial-discriminative network for leukocyte classification in leukemia. *Medical physics*, 47(8): 3732–3744.
- Zheng X., Wang Y., Wang G., Liu J. 2018. Fast and robust segmentation of white blood cell images by self-supervised learning. *Micron*, 107: 55–71.
- Zheng Z., Wang P., Liu W., Li J., Ye R., Ren D. (2020, April). Distance-IoU loss: Faster and better learning for bounding box regression. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*. 34(07): 12993–13000.

## References

- Batishchev D.S., Mihelev V.M., Utyanskij A.A. 2020. Method of segmentation of overlapping blood cells on microscopic medical images. *Economics. Information technologies*. 47(4): 803–815 (in Russian).
- Volkova S.A. Borovkov N.N. 2013. *Osnovy klinicheskoy gematologii: uchebnoe posobie [Fundamentals of Clinical Hematology: A Study Guide]*. N. Novgorod. Izdatel'stvo Nizhegorodskoj gos. medicinskoj akademii, 400 p.
- Chernykh E.M., Mikhelev V.M., Petrov D.V. 2023. No-Reference Blood Cells Images Quality Metrics. *Economics. Information technologies*, 50(2): 380–388 (in Russian).
- Acevedo A., Merino González A., Alférez Baquero E.S., Molina Borrás Á., Boldú Nebot L., Rodellar Benedé J. 2020. A dataset of microscopic peripheral blood cell images for development of automatic recognition systems. *Data in brief*, 30(article 105474).

- Almezhghwi K., Serte S. 2020. Improved classification of white blood cells with the generative adversarial network and deep convolutional neural network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2020(1), 6490479.
- Chernykh E.M., Mikhelev V.M. 2021. A computer system for the leukocytes classification in medical images. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1715(1): 012007.
- Chow L.S., Paramesran R. 2016. Review of medical image quality assessment. *Biomedical signal processing and control*. 27: 145–154.
- Clunie D., Hosseinzadeh D., Wintell M., De Mena D., Lajara N., Garcia-Rojo M., Bueno G., Saligrama K., Stearrett A., Toomey D., Abels E., Apeldoorn F.V., Langevin S., Nichols S., Schmid J., Horchner U., Beckwith B., Parwani A., Pantanowitz L. 2018. Digital Imaging and Communications in Medicine Whole Slide Imaging Connectathon at Digital Pathology Association Pathology Visions 2017. *Journal of pathology informatics*, 9(1).
- Di Ruberto C., Putzu L. 2014. Accurate blood cells segmentation through intuitionistic fuzzy set threshold. Tenth international conference on signal-image technology and internet-based systems (pp. 57–64). IEEE.
- Ganaie M.A., Hu M., Malik A.K., Tanveer M., Suganthan P.N. 2022. Ensemble deep learning: A review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 115, 105151.
- Ibrahim S., Rozan M.H.C., Sabri N. 2019. Comparative analysis of support vector machine (SVM) and convolutional neural network (CNN) for white blood cells' classification. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(1.3): 394–399.
- Lin L., Wang W. 2018. A robust leukocyte recognition method based on multi-scale regional growth and mean-shift clustering. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 12(3), 208–216.
- Ma J.J., Nakarmi U., Kin C.Y.S., Sandino C.M., Cheng J.Y., Syed A.B., Wei P., Pauly J.M., Vasanaawala S. S. 2020. Diagnostic image quality assessment and classification in medical imaging: opportunities and challenges. *Proceedings. IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*: 337–340.
- Ronneberger O., Fischer P., Brox T. 2015. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *Medical image computing and computer-assisted intervention–MICCAI 2015: 18th international conference, Munich, Germany, October 5–9, 2015, proceedings, part III 18*: 234–241. Springer International Publishing.
- Rosyadi T., Arif A., Achmad B. 2016. Classification of leukocyte images using k-means clustering based on geometry features. In *2016 6th international annual engineering seminar*. 245–249.
- Tamang T., Baral S., Paing M.P. 2022. Classification of white blood cells: A comprehensive study using transfer learning based on convolutional neural networks. *Diagnostics*, 12(12), 2903.
- Wang W., Su P.Y. 2012. Blood cell image segmentation on color and GVF snake for Leukocyte classification on SVM. *Guangxue Jingmi Gongcheng/Optics and Precision Engineering*, 20(12): 2781–2790.
- Zhang C., Wu S., Lu Z., Shen Y., Wang J., Huang P., Li D. 2020. Hybrid adversarial-discriminative network for leukocyte classification in leukemia. *Medical physics*, 47(8): 3732–3744.
- Zheng X., Wang Y., Wang G., Liu J. 2018. Fast and robust segmentation of white blood cell images by self-supervised learning. *Micron*, 107: 55–71.
- Zheng Z., Wang P., Liu W., Li J., Ye R., Ren D. (2020, April). Distance-IoU loss: Faster and better learning for bounding box regression. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*. 34(07): 12993–13000.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 14.10.2024

Received October 14, 2024

Поступила после рецензирования 01.12.2024

Revised December 01, 2024

Принята к публикации 05.12.2024

Accepted December 05, 2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Черных Евгений Михайлович**, аспирант кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

**Evgeniy M. Chernykh**, Postgraduate student of the Department of Mathematical and Software of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



**Михелев Владимир Михайлович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

**Vladimir M. Mikhelev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematical and Software of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Петров Денис Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

**Denis V. Petrov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical and Software of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Утянский Артем Анатольевич**, аспирант кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

**Artem A. Utyanskiy**, Postgraduate student of the Department of Mathematical and Software of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

УДК 621.391

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-887-895

## Использование комбинированных моделей искусственного интеллекта для контроля техники безопасности в строительстве

**Басов О.О., Соболев Ю.И., Тетерников И.А.**

Акционерное общество «АСТ», Россия, 123242, Москва, пер. Капранова, д. 3, стр. 2

E-mail: o.basov@acti.ru, y.sobolev@acti.ru, i.teternikov@acti.ru

**Аннотация.** В статье представлены постановки задач, их условия, ограничения и решения, направленные на выявление нарушений трудовой дисциплины (отсутствие на рабочем месте) и техники безопасности (неношение защитной каски) на строительной площадке. Показано, что обеспечить высокую точность идентификации и трекинга людей, а также классификации защитных касок на них возможно лишь при построении ИИ-архитектуры решения, основанной на комбинировании нейросетевых архитектур и продукционных правил, отражающих условия поставленных задач. При такой комбинации потенциально возможно получение наивысших характеристик точности детекции и распознавания, что продемонстрировано на конкретных примерах.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, комбинированные модели, строительная площадка, трекинг, защитная каска, трудовая дисциплина, техника безопасности, Yolo8

**Для цитирования:** Басов О.О., Соболев Ю.И., Тетерников И.А. 2024. Использование комбинированных моделей искусственного интеллекта для контроля техники безопасности в строительстве. Экономика. Информатика, 51(4): 887–895. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-887-895

---

---

## Using Combined Artificial Intelligence Models to Monitor Construction Safety

**Oleg O. Basov, Yuri I. Sobolev, Ilya A. Teternikov**

Joint-Stock Company AST, bld 2, 3 Kapranov Ln, Moscow 123242, Russia

E-mail: o.basov@acti.ru, y.sobolev@acti.ru, i.teternikov@acti.ru

**Abstract.** The article presents the formulation of problems, their conditions, limitations and solutions aimed at identifying violations of labor discipline (absence from the workplace) and safety precautions (failure to wear a safety helmet) at a construction site. The study shows that it is only possible to ensure high accuracy of identification and tracking of people, as well as classification of safety helmets they are wearing when an AI architecture of the solution is built that is based on a combination of neural network architectures and production rules that reflect the conditions of the tasks. This combination potentially allows obtaining the highest characteristics of detection and recognition accuracy, which is demonstrated by specific examples.

**Keywords:** computer vision, combined models, construction site, tracking, safety helmet, labor discipline, safety precautions, Yolo8

**For citation:** Basov O.O., Sobolev Yu.I., Teternikov I.A. 2024. Using Combined Artificial Intelligence Models to Monitor Construction Safety. Economics. Information technologies, 51(4): 887–895 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-887-895

---

### Введение

Возрастающее желание как подрядчиков, так и заказчиков по государственным контрактам контролировать процессы проведения строительных работ и сами объекты строительства и реконструкции повсеместно приводит к размещению на таких объектах



систем видеонаблюдения различных сложности и масштаба применения, обеспечивающих возможность наблюдения в любое время и из любого места.

Такая тенденция является вполне обоснованной, поскольку строительная отрасль характеризуется следующими факторами:

1) высокой смертностью и травматизмом, вызванными нарушением правил охраны труда (более половины несчастных случаев (55 %) произошли из-за некачественной организации труда);

2) увеличением сроков выполнения работ от плановых от 30 % (невыполнение операций по технологической карте);

3) превышением бюджетов, вызванным, в первую очередь, внесистемным контролем расхода материалов;

4) низким уровнем контроля за строительными материалами;

5) слабо автоматизированным контролем выполнения работ специалистами подрядчика, заказчика, авторского надзора, государственного строительного надзора и т. д. [Кузина, 2023].

Значительное число таких факторов, с одной стороны, и возрастающее в геометрической прогрессии число цифровых изображений, получаемых из систем видеонаблюдения, делает «ручные» методы обработки таких данных и принятия решения чрезвычайно трудоёмкими и малоэффективными.

В то же время стремительное развитие технологий искусственного интеллекта [ГОСТ Р 59276-2020], в частности компьютерного зрения, позволяет разрешить указанное противоречие с достаточно высокой точностью и своевременностью, автоматизируя соответствующие процессы принятия решений. В компьютерном зрении обнаружение объектов определяется как локализация объекта на изображении и отнесение области к одной из заранее определенных категорий. Способность обнаруживать объекты в режиме реального времени помогает отслеживать небезопасное поведение работников (например, нахождение на строительной площадке без защитной каски или работа в непосредственной близости от опасного объекта или движущегося объекта), что имеет важное значение для предотвращения потенциальных несчастных случаев [Siyeon Kim, Seok Hwan Hong, Nyodong Kim, Meesung Lee, Sungjoo Hwang, 2023].

Однако решение задачи выявления случаев нарушения трудовой дисциплины и требований охраны труда с использованием инструментария детекции и сегментации объектов на изображениях с видеочамер на строительной площадке не всегда приводит к желаемым результатам. При высокой цене ошибки (травма или гибель рабочего, нарушение сроков строительства и т. п.) такие результаты нивелируются, а решение поставленной задачи может быть достигнуто за счёт использования комбинированных моделей искусственного интеллекта, позволяющих имитировать когнитивные функции человека.

В работе представлены постановки задач, их условия, ограничения и решения, направленные на выявление нарушений трудовой дисциплины (отсутствие на рабочем месте) и техники безопасности (неношение защитной каски) на строительной площадке.

### **Постановка и решение задачи подсчёта работников**

В рамках проведённого исследования в целях контроля трудовой дисциплины требовалось обеспечить автоматическую фиксацию времени прибытия людей на объект и убытия с него. Такая фиксация должна обеспечиваться с использованием единственной камеры системы видеонаблюдения, установленной на проходной строительной площадки.

В качестве факторов, негативно влияющих на качество решения поставленной задачи, выявлены следующие:

– небольшие размеры проходной, определяющие короткую длительность видеопотока, используемого для детектирования людей, а также малое число кадров с полноразмерным отображением человека;

- наличие окна, движение за которым приводит к ложным срабатываниям модели детекции людей (рис. 1а);
- хаотичные движения охранника, выходящего на проходную и тем самым влияющим на результаты подсчёта (рис. 1б).

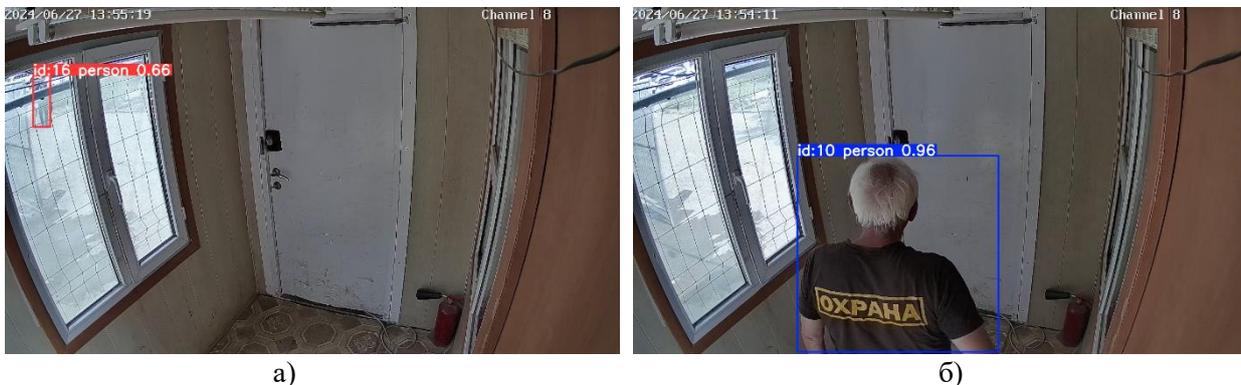


Рис. 1. Факторы, негативно влияющие на качество подсчёта людей на проходной  
Fig. 1. Factors that negatively affect the quality of people counting at the checkpoint

Предложенная ИИ-архитектура решения (рис. 2) обладает следующими особенностями, позволяющими компенсировать указанные выше факторы:

- 1) исключение из обработки части кадра, относящегося к окну;
- 2) детекция действий охранника;
- 3) увеличенная частота считывания видеокладов и трекинг людей;
- 4) дополнительная детекция лица для определения направления движения человека (на строительную площадку или с неё).

В качестве моделей отслеживания (трекинга) людей выбрана BoT-SORT [Aharon, Orfaig, Bobrovsky, 2022], показавшая лучшие результаты работы при анализе видео с частотой 15 кадр/с длительностью около 5 часов (таблица 1). В контрольном примере через проходную (в обоих направлениях) прошёл 531 человек.

Таблица 1  
Table 1

Результаты сравнения различных алгоритмов трекинга  
Results of comparison of different tracking algorithms

Название алгоритма	Ссылка на источник	Количество людей
StrongSORT	[Du Y., Zhao Z., Song Y., Zhao Y., Su F., Gong T., Meng H., 2022]	542
Deep OC-SORT	[Maggiolino G., Ahmad A., Cao J., Kitani K., 2023]	541
ByteTrack	Zhang Y., Sun P., Jiang Y., Yu D., Weng F., Yuan Z., Luo P., Wenyu Liu, Xinggang Wang	538
BoT-SORT	[Aharon N., Orfaig R., Bobrovsky B.-Z., 2022]	<b>531</b>

Для детекции лица использовалась модель Yolo8s, обученная на датасете SHEL5K [Отгонболд et al, 2022], включающем в себя 6 классов объектов (защитная каска, голова с защитной каской, человек в защитной каске, человек без защитной каски и лицо) и в последующем также использованном для обучения модели распознавания защитных касок.

Результаты натурального эксперимента показали 100-процентную точность детекции людей, перемещающихся через проходную, и направления их движения, позволившего производить подсчёт работников, прибывших на строительную площадку и убывших с неё, и фиксировать соответствующее время.

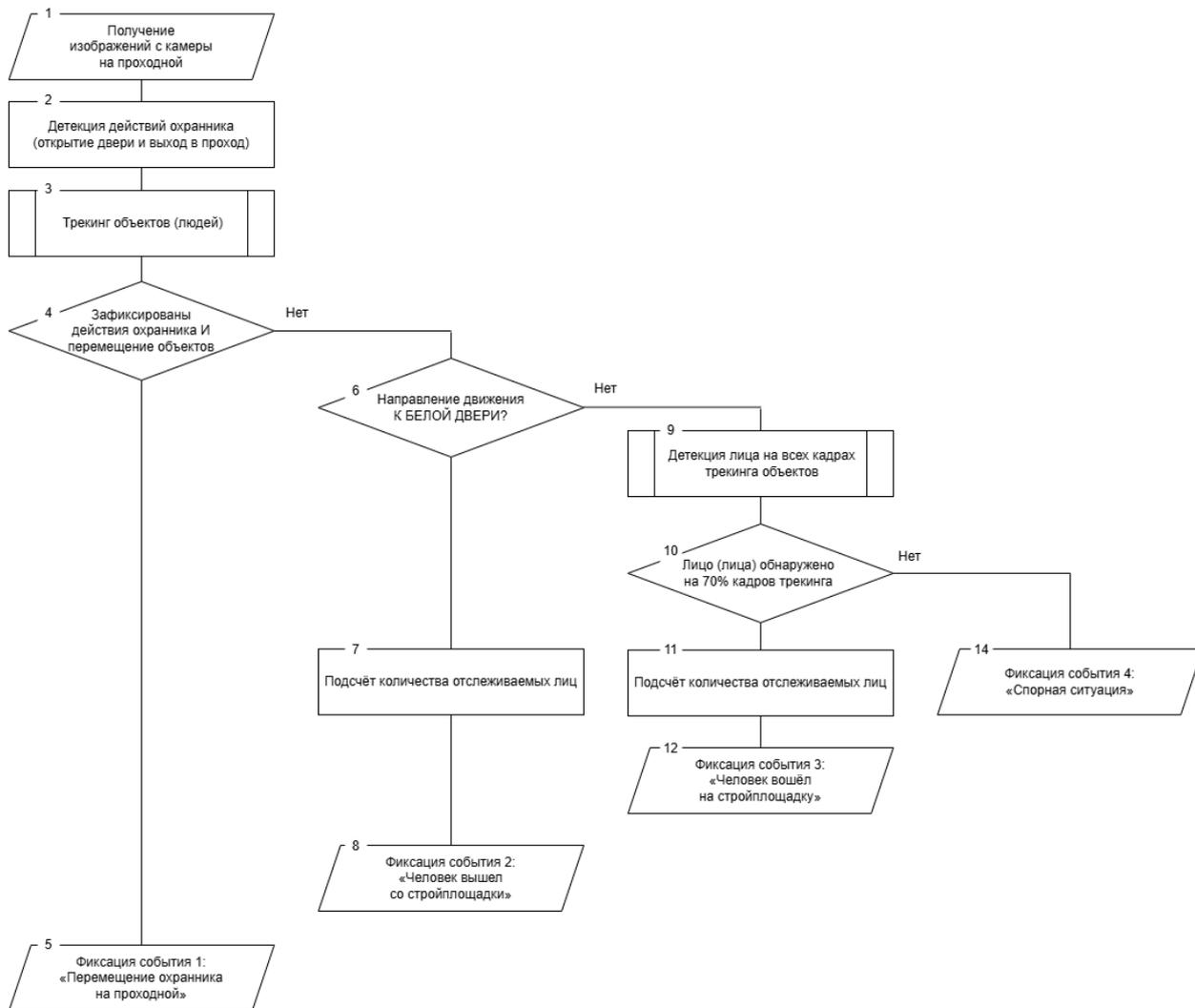


Рис. 1. ИИ-архитектура решения для подсчёта проходящих людей на видеоизображениях  
 Fig. 1. AI-architecture of a solution for counting people passing by in video images

### Постановка и решение задачи выявления случаев неношения защитной каски

В рамках проведённого исследования в целях контроля нарушения техники безопасности требовалось обеспечить автоматическую фиксацию случаев, когда работники на строительной площадке перемещались без защитной каски. Такая фиксация должна обеспечиваться с использованием камер системы видеонаблюдения, размещённых по периметру объекта.

В качестве факторов, негативно влияющих на качество решения поставленной задачи, выделены следующие:

- наличие нескольких объектов на одном кадре (рис. 3, а,б);
- низкая точность обнаружения человека (его головы), если он находится в тени или в тёмное время суток (рис. 3в);
- ошибка трекинга людей при их движении в кадре по направлению друг к другу (рис. 3, г,е);
- низкая точность распознавания защитной каски по одному изображению;
- неверная классификация при малом размере головы детектированного человека.



Рис. 3. Факторы, негативно влияющие на качество выявления случаев ненашения защитной каски  
Fig. 3. Factors that negatively affect the quality of detection of cases of failure to wear a protective helmet

Предложенная ИИ-архитектура решения (рис. 4) обладает следующими особенностями, позволяющими компенсировать указанные выше факторы:

- для трекинга людей использована модель с реидентификацией целей (ReID, Re-Identification) [Alikhanov, Obidov, 2024]. При этом анализировался разряженный видеопоток (4 кадр/с) длительностью не менее 4 с;

- решение о наличии/отсутствии защитной каски принималось при условии, что человек присутствовал более чем на 50 % кадров видеопотока.

Для детекции наличия/отсутствия защитной каски использовалась модель YoloV8s, обученная на датасетах SHEL5K и Safety-Helmet-Wearing-Dataset<sup>1</sup>. В обучающей выборке использовано 11849 изображений, в тестовой – 732. Проверка модели показала (рис. 5), что классы (0) «no\_helmet» и (1) «with\_helmet» практически между собой не путаются.

Однако было установлено, что при маленьком размере головы она либо не находится, либо неправильно классифицируется наличие/отсутствие защитной каски. В связи с чем в общую ИИ-архитектуру решения включена модель детекции людей на основе YoloV8l [Yunusov et al, 2024]. Экспериментально установлены условия, при которых классификация наличия/отсутствия защитной каски будет ошибочна – если прямоугольник с детектированным человеком имеет высоту, меньшую 100 пикселей и более чем в 2 раза превышающую ширину данного прямоугольника.

Кроме того, модель точно определяет класс (1) «with\_helmet» при наличии защитной каски на голове человека. Между тем возникают ошибки классификации для класса (0) «no\_helmet», если на голове человека находится не каска, а головной убор (панамы, кепка, бандана) или капюшон.

Для повышения точности классификации исходная модель дообучена на изображениях с людьми, на которых надеты различные головные уборы<sup>2</sup> [Гусев, 2023.].

Внедрение механизма реидентификации цели и правил принятия решения об идентификации человека, основанных на оценке пройденных расстояний, позволило улучшить качество классификации наличия/отсутствия защитной каски (таблица 2). Её устойчивые результаты, близкие к 99 %, получены в течение светового дня для работников, находящихся на расстоянии не более 20 м от камер системы видеонаблюдения.

<sup>1</sup> <https://github.com/njvisionpower/Safety-Helmet-Wearing-Dataset>

<sup>2</sup> <https://www.crowdhuman.org/download.html>

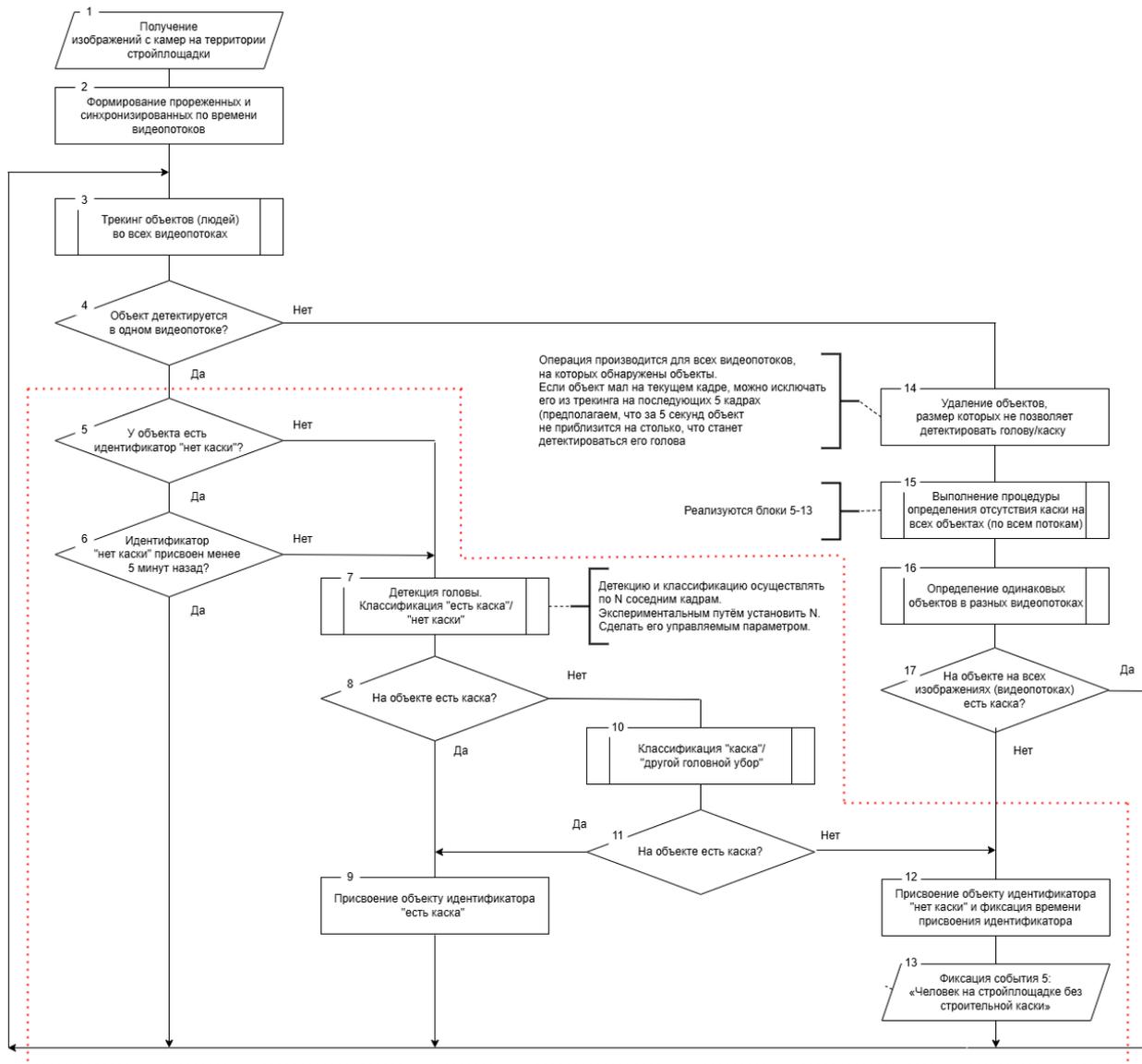


Рис. 4. ИИ-архитектура решения для подсчёта проходящих людей на видеоизображениях  
 Fig. 4. AI-architecture of a solution for counting people passing by in video images

### Заключение

Проведённое исследование свидетельствует о том, что обеспечить высокую точность идентификации и трекинга людей, а также классификации защитных касок на них возможно лишь при построении ИИ-архитектуры решения, основанной на комбинировании нейросетевых архитектур и продукционных правил, отражающих условия поставленных задач. При такой комбинации потенциально возможно получение наивысших характеристик точности детекции и распознавания, что продемонстрировано на примере задач выявления нарушений трудовой дисциплины (отсутствие на рабочем месте) и техники безопасности (неношение защитной каски) на строительной площадке.

Дальнейшее развитие указанных задач видится в совершенствовании ИИ-архитектуры их решения для обеспечения круглосуточной фиксации случаев нарушения и, как следствие, сбор и дообучение применяемых моделей детекции, трекинга и классификации для работы в условиях недостаточного освещения, сумерек и в ночное время.

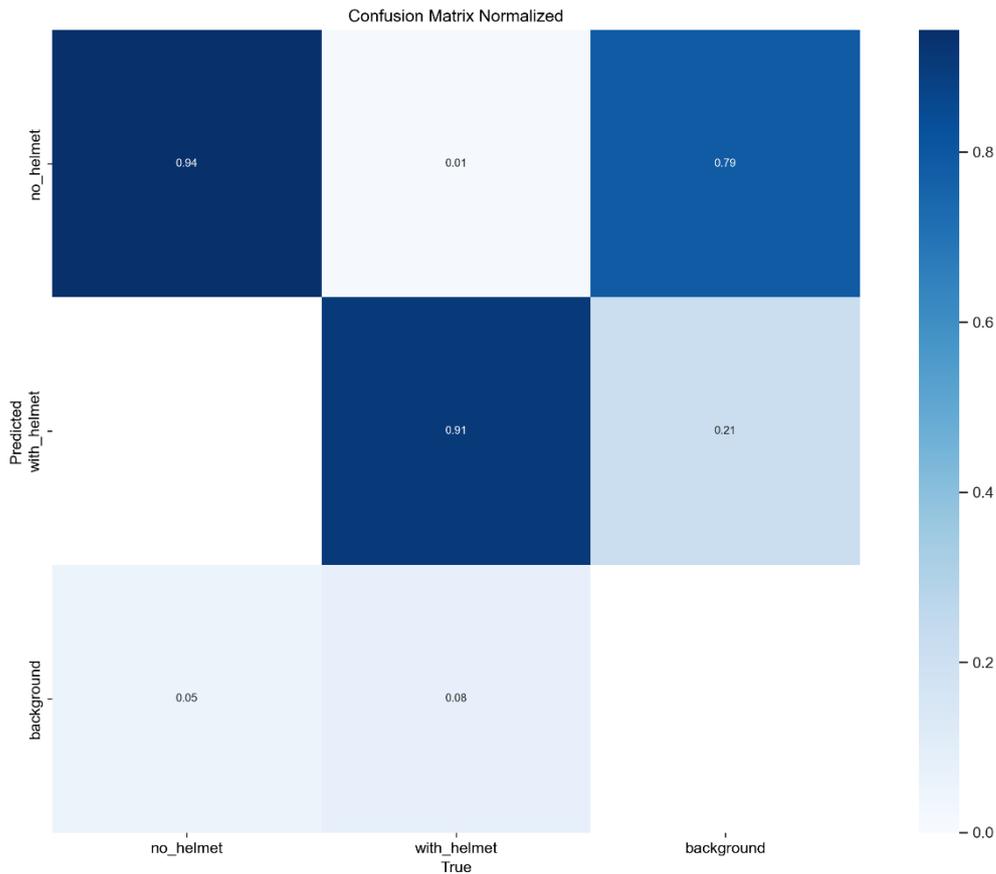


Рис. 5. Матрица ошибок для модели классификации наличия/отсутствия защитной каски  
 Fig. 5. Confusion matrix for the helmet presence/absence classification model

Таблица 2  
 Table 2

Результаты детекции защитных касок  
 Results of detection of protective helmets

Номер эксперимента	Длительность видео	Найдено человек без каски	Не найдено человек без каски	Из них человек с 2 разными ID	Из них человек с 3 разными ID
1	0:10:06	21	0	3	0
2	0:02:00	2	0	0	0
3	0:05:37	4	0	0	0
4	0:04:37	1	0	0	0
5	0:01:01	4	0	0	0
6	0:00:48	3	0	0	0
7	0:05:00	4	0	2	0
8	0:00:30	1	0	0	0
9	0:07:07	3	0	0	0
10	0:07:30	4	0	1	1

Список литературы

ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения. <https://docs.cntd.ru/document/1200177291>  
 Гусев А.В. 2023. Автоматизация формирования выборок изображений естественных сцен для обучения и тестирования нейронных сетей. Экономика. Информатика. 50(3):624–632. DOI:10.52575/2687-0932-2023-50-3-624-632



- Кузина О. Н. 2023. Модель управления производительностью труда в строительстве методами искусственного интеллекта. *Научно-технический вестник Поволжья*. 3: 68–73.
- Aharon N., Orfaig R., Bobrovsky B.-Z., 2022. BoT-SORT: Robust Associations Multi-Pedestrian Tracking. *Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://arxiv.org/abs/2206.14651>
- Alikhanov J., Obidov O., 2024. LITE: A Paradigm Shift in Multi-Object Tracking with Efficient ReID Feature Integration. <https://arxiv.org/html/2409.04187v1>
- Du Y., Zhao Z., Song Y., Zhao Y., Su F., Gong T., Meng H., 2022. StrongSORT: Make DeepSORT Great Again. *Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://arxiv.org/abs/2202.13514>.
- Maggiolino G., Ahmad A., Cao J., Kitani K., 2023. Deep OC-SORT: Multi-Pedestrian Tracking by Adaptive Re-Identification. *Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://arxiv.org/abs/2302.11813>.
- Otgonbold M.-E., Gochoo M., Alnajjar F., Ali L., Tan T.-H., Hsieh J.-W., Chen P.-Y., 2022. SHEL5K: An Extended Dataset and Benchmarking for Safety Helmet Detection. *Sensors*, 22(6), 2315. DOI: 10.3390/s22062315.
- Siyeon Kim, Seok Hwan Hong, Hyodong Kim, Meesung Lee, Sungjoo Hwang. 2023. Small object detection (SOD) system for comprehensive construction site safety monitoring, *Automation in Construction*, Vol. 156. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.105103.
- Yunusov N., Islam B.M.S., Abdusalomov A., Kim, W. 2024. Robust Forest Fire Detection Method for Surveillance Systems Based on You Only Look Once Version 8 and Transfer Learning Approaches. *Processes*, 12, 1039. DOI: 10.3390/pr12051039

### References

- GOST R 59276-2020. Artificial intelligence systems. Methods of ensuring trust. General provisions (in Russian). <https://docs.cntd.ru/document/1200177291>
- Gusev A.V. 2023. Automation of Sampling of Images of Natural Scenes for Training and Testing Neural Networks. *Economics. Information technologies*, 50(3):624–632 (in Russian). DOI:10.52575/2687-0932-2023-50-3-624-632
- Kuzina O. N. 2023. Model of labor productivity management in construction using artificial intelligence methods. *Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region*. 3: 68–73. (In Russian).
- Aharon N., Orfaig R., Bobrovsky B.-Z., 2022. BoT-SORT: Robust Associations Multi-Pedestrian Tracking. *Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://arxiv.org/abs/2206.14651>
- Alikhanov J., Obidov O., 2024. LITE: A Paradigm Shift in Multi-Object Tracking with Efficient ReID Feature Integration. <https://arxiv.org/html/2409.04187v1>
- Du Y., Zhao Z., Song Y., Zhao Y., Su F., Gong T., Meng H., 2022. StrongSORT: Make DeepSORT Great Again. *Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://arxiv.org/abs/2202.13514>.
- Maggiolino G., Ahmad A., Cao J., Kitani K., 2023. Deep OC-SORT: Multi-Pedestrian Tracking by Adaptive Re-Identification. *Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://arxiv.org/abs/2302.11813>.
- Otgonbold M.-E., Gochoo M., Alnajjar F., Ali L., Tan T.-H., Hsieh J.-W., Chen P.-Y., 2022. SHEL5K: An Extended Dataset and Benchmarking for Safety Helmet Detection. *Sensors*, 22(6), 2315. DOI: 10.3390/s22062315.
- Siyeon Kim, Seok Hwan Hong, Hyodong Kim, Meesung Lee, Sungjoo Hwang. 2023. Small object detection (SOD) system for comprehensive construction site safety monitoring, *Automation in Construction*, Vol. 156. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.105103.
- Yunusov N., Islam B.M.S., Abdusalomov A., Kim, W. 2024. Robust Forest Fire Detection Method for Surveillance Systems Based on You Only Look Once Version 8 and Transfer Learning Approaches. *Processes*, 12, 1039. DOI: 10.3390/pr12051039

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 24.10.2024

Поступила после рецензирования 01.12.2024

Принята к публикации 05.12.2024

Received October 24, 2024

Revised December 01, 2024

Accepted December 05, 2024



## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Басов Олег Олегович**, доктор технических наук, доцент, руководитель Центра искусственного интеллекта АО «АСТ», г. Москва, Россия

**Соболев Юрий Игоревич**, ведущий специалист направления информационно-аналитических систем АО «АСТ», г. Москва, Россия

**Тетерников Илья Анатольевич**, специалист направления информационно-аналитических систем АО «АСТ», г. Москва, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Oleg O. Basov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Artificial Intelligence Center of JSC AST, Moscow, Russia

**Yuri I. Sobolev**, Leading Specialist in the Information and Analytical Systems Department of JSC AST, Moscow, Russia

**Ilya A. Teternikov**, Specialist in the Information and Analytical Systems Department of JSC AST, Moscow, Russia



УДК 004.89

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-896-906

## Сравнение классических и обновленных сверточных нейронных сетей для классификации типов поверхностей

<sup>1,2</sup> Ал-Хафаджи Исра М. Абдаламир, <sup>1</sup> Панов А.В.

<sup>1</sup> МИРЭА – Российский технологический университет,  
Россия, 119454, Пр-т Вернадского, д. 78, Москва

<sup>2</sup> Университет Мустансирия, Багдад, Ирак

E-mail: misnew6@gmail.com, Iks.ital@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследования двух архитектур сверточных нейронных сетей (CNN) для классификации изображений с поверхностями. Первая, классическая архитектура, продемонстрировала точность 96,62 % на этапе валидации, однако столкнулась с трудностями при классификации холмов и ям. Вторая, усовершенствованная модель с тремя параллельными CNN, показала улучшение точности до 99 %, а также ускорила процесс обучения и уменьшила количество ошибок. Таким образом, усовершенствованная архитектура CNN позволяет более точно классифицировать сложные поверхности и может быть использована для дальнейшего применения в робототехнических системах [Kharmanda, 2024, Li et al, 2024].

**Ключевые слова:** сверточная нейронная сеть, классификация поверхностей, нейронные сети, робототехника, машинное обучение, классификация изображений, искусственный интеллект, анализ данных, компьютерное зрение

**Для цитирования:** Ал-Хафаджи Исра М. Абдаламир, Панов А.В. 2024. Сравнение классических и обновленных сверточных нейронных сетей для классификации типов поверхностей. Экономика. Информатика, 51(4): 896–906. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-896-906

---

## Comparison of Classical and Reinvented Convolutional Neural Networks for Surface Type Classification

<sup>1,2</sup> Al-Khafaji Israa M. Abdalameer, <sup>2</sup> Alexander V. Panov

<sup>1</sup> MIREA – Russian Technological University, 78 Vernadsky Ave, Moscow 119454, Russia

<sup>2</sup> Mustansiriyah University, Iraq, Baghdad

E-mail: misnew6@gmail.com, Iks.ital@yandex.ru

**Abstract.** This study compares two convolutional neural network (CNN) architectures for surface type classification. The first model employs a classical architecture achieving 96.62% accuracy during validation but struggles with recognizing complex surfaces like hills and potholes. The second model incorporates advanced features, including parallel processing paths and multi-level normalization, boosting accuracy to 99%. The training process utilized a dataset with augmented images of surfaces such as clay, hills, potholes, roads, and water-covered concrete. Metrics such as accuracy, recall, and F1-score were analyzed to evaluate performance. The modified CNN demonstrated superior capabilities in feature extraction and classification, particularly for heterogeneous terrains. Experimental results suggest that this enhanced architecture significantly reduces errors, improving adaptability to real-world conditions. Such improvements make it ideal for applications in robotics and autonomous systems. Future research will focus on expanding the dataset, further refining network architecture, and optimizing computational efficiency for deployment in field robotics.

**Keywords:** convolutional neural network, surface classification, neural networks, robotics, machine learning, image classification, artificial intelligence, data mining, computer vision

**For citation:** Al-Khafaji Israa M. Abdalameer, Panov A.V. 2024. Comparison of Classical and Reinvented Convolutional Neural Networks for Surface Type Classification. Economics. Information technologies, 51(4): 896–906 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-896-906

## Введение

В последние годы сверточные нейронные сети (CNN) заняли центральное место в области компьютерного зрения благодаря своей способности эффективно классифицировать изображения. В статье исследуются два подхода к классификации типов поверхностей с помощью сверточных нейронных сетей (СНС). Первая модель является классической, достигая точности 96,62 %, но испытывает трудности при распознавании сложных типов поверхностей. Вторая, модернизированная СНС с параллельными путями обработки, улучшает точность до 99 %. Используемые методы включают аугментацию данных, многоуровневую нормализацию и оптимизацию структуры сети. Результаты показывают, что модернизированная модель более эффективна для работы с неоднородными рельефами, что открывает перспективы её применения в робототехнике и системах автономной навигации.

## Обзор литературы

В последние годы сверточные нейронные сети (CNN) стали одним из наиболее популярных методов машинного обучения для классификации изображений и других задач компьютерного зрения. Их архитектура, основанная на сверточных слоях, позволяет эффективно извлекать признаки изображений и учитывать пространственные зависимости между пикселями.

Одной из первых успешных моделей, использовавшихся для классификации изображений, была модель **LeNet-5**, предложенная Яном Лекуном в 1998 году. Она применялась для распознавания рукописных цифр и стала отправной точкой для многих будущих разработок в области CNN. Позднее были предложены более сложные модели, такие как **AlexNet** (2012 год), которая значительно улучшила результаты классификации на конкурсе ImageNet за счёт использования глубоких слоев и метода дропаута.

Дальнейшие исследования привели к созданию архитектур, таких как **VGGNet** и **GoogLeNet**, которые показали еще более высокие результаты в задачах классификации. **VGGNet**, в частности, продемонстрировала, что увеличение глубины сети позволяет улучшить её производительность, однако это также увеличивало требования к вычислительным ресурсам. В свою очередь, **GoogLeNet** предложила иную концепцию – использование инцепшн-модулей, которые позволяли сети выбирать, какие операции свертки и pooling использовать на различных уровнях.

Другим важным этапом стало появление **ResNet** (Residual Networks) в 2015 году, которая предложила идею остаточных связей (skip connections). Это позволило эффективно обучать очень глубокие сети, избегая проблемы исчезающего градиента. **ResNet** смогла значительно улучшить точность классификации на сложных наборах данных.

Кроме того, в последние годы появились модели, использующие сверточные сети не только для классификации, но и для других задач, таких как сегментация изображений и обнаружение объектов. Например, модель **U-Net** широко используется в медицинской визуализации для сегментации органов и патологий на изображениях [Koduru, Tanveer, Voicu, 2024].

Таким образом, литература по сверточным нейронным сетям показывает, что развитие архитектур CNN шло по пути увеличения глубины сетей и улучшения методов регуляризации и оптимизации. Однако все эти модели сталкивались с различными проблемами, такими как высокая вычислительная сложность и потребность в большом объеме данных для обучения. В настоящем исследовании мы предлагаем модернизированную архитектуру CNN, которая, сохраняя простоту и эффективность классических моделей, улучшает точность классификации за счёт дополнительных слоев и операций обработки данных [Kanna et al., 2024].

## Гипотеза и цели

В ходе данного исследования мы выдвигаем гипотезу о том, что модернизированная архитектура сверточной нейронной сети (CNN) способна достичь более высоких результатов по сравнению с классической CNN за счет добавления дополнительных слоев свертки, нормализации и операций сложения. Мы предполагаем, что данные улучшения позволят модели извлекать более детализированные и сложные признаки из изображений, что особенно важно при классификации различных типов поверхностей, таких как глина, холмы, ямы, дороги и бетон, покрытый водой [Jiang et al., 2024].

Основная гипотеза заключается в том, что модернизированная CNN способна не только повышать точность классификации, но и лучше справляться с неоднородными данными за счет глубокой обработки признаков. В классической CNN, несмотря на высокую точность в некоторых задачах, возникают ограничения при работе с более сложными типами данных. Мы предполагаем, что добавление новых слоев и использование более сложных операций обработки данных, таких как параллельные ветви и операции сложения, позволят модели обучаться на более высоком уровне и уменьшать вероятность ошибок [Hart, Nilsson, Raphael, 1968].

## Цели исследования:

- улучшение точности классификации определенных типов поверхностей по сравнению с классической CNN;
- определение и демонстрация преимуществ модернизированной архитектуры при работе с неоднородными данными;
- оценка эффективности новых слоев свертки и нормализации в контексте глубокой обработки данных;
- сравнение производительности классической и модернизированной моделей CNN на основе точности, скорости обучения и способности к генерализации на новых данных.

Мы ожидаем, что данное исследование покажет, что модернизированная архитектура CNN способна более эффективно справляться с задачами классификации поверхностей, чем классическая модель, и предоставит новые подходы к решению подобных задач в будущем.

## Методы

В данном разделе описаны этапы разработки и реализации сверточных нейронных сетей (CNN), используемых для классификации различных типов поверхности. Основное внимание уделяется архитектуре классической сверточной нейронной сети и её модернизированной версии, а также процессу их обучения и тестирования.

Классическая сверточная нейронная сеть состоит из нескольких слоев свертки, нормализации и активации, что позволяет эффективно извлекать низкоуровневые признаки, такие как текстуры и контуры, и использовать их для классификации различных поверхностей (глина, холмы, ямы, дороги, бетон с водой). Основные этапы обработки данных включают использование функции активации ReLU и pooling для снижения размерности входных данных, что помогает улучшить процесс обучения сети и снизить вычислительные затраты.

Модернизированная сверточная нейронная сеть была улучшена добавлением дополнительных слоев свертки и нормализации, а также параллельных путей обработки данных, что позволило модели лучше справляться с задачей классификации. Добавление дополнительных функций активации и использования более сложных архитектур привело к увеличению точности классификации до 99 %, что немного выше по сравнению с классической моделью [Wong, 1989; Stentz, 1994; Ma et al., 2004; Thrun, Burgard, Fox, 2006].

Для оценки эффективности моделей использовались такие метрики, как точность.

## Архитектура сверточной нейронной сети

Мы использовали две разные архитектуры сверточных нейронных сетей (CNN) для классификации типов поверхности: классическую и модернизированную. Описание обеих архитектур приведено ниже.

### Классическая CNN

Классическая сверточная нейронная сеть имеет следующую структуру:

- **входное изображение:** размер входных данных составляет 200x200 пикселей с 3 каналами (RGB);
- **сверточные слои:** три сверточных слоя с ядрами 3x3 и различным количеством фильтров (16, 32 и 64 соответственно);
- **Batch Normalization:** после каждого сверточного слоя выполняется нормализация данных;
- **ReLU (Rectified Linear Unit):** после нормализации применяется функция активации ReLU;
- **Max Pooling:** после каждого сверточного блока выполняется pooling с окном 2x2 для уменьшения размерности данных;
- **полносвязный слой:** в конце сеть соединяется с полносвязным слоем, который выводит 5 классов поверхностей;
- **Softmax:** финальный слой используется для вычисления вероятностей классов.

### Описание современной архитектуры CNN

Современная сверточная нейронная сеть (CNN) имеет более сложную архитектуру по сравнению с классической. Основным отличием является добавление нескольких параллельных путей обработки, позволяющих модели более эффективно анализировать и классифицировать изображения.

1. **inp** (Входной слой): входные данные в виде изображений размером 200x200x3 (RGB);
2. **conv1** (Слой свертки 1): первый сверточный слой, который извлекает низкоуровневые признаки, такие как края и текстуры;
3. **BT1** (Batch Normalization 1): нормализация данных после первого сверточного слоя для стабилизации процесса обучения;
4. **RL1** (ReLU): применение функции активации ReLU для придания нелинейности модели;
5. **MX1** (MaxPooling 1): уменьшение размерности изображения для сохранения ключевых признаков;
6. **conv2** (Слой свертки 2): извлечение более сложных признаков с помощью второго сверточного слоя;
7. **BT2, RL2, MX2:** повторение операций нормализации, активации и уменьшения размерности;
8. **conv3** (Слой свертки 3): извлечение ещё более сложных признаков на третьем уровне свертки;
9. **BT3, RL3:** нормализация и активация после третьего сверточного слоя;
10. **conv1-cnn2, BT1-cnn2, lck1-cnn2:** параллельные сверточные слои для обработки данных с целью более глубокого анализа изображений;
11. **Conv1-cnn3, bt1-cnn3:** дополнительные параллельные пути, позволяющие обработку данных с разных точек зрения;
12. **add1 и add2:** эти элементы объединяют результаты из разных путей обработки данных;

13. **fc** (Полносвязный слой): окончательное преобразование данных для классификации;

14. **softmax** (Softmax): вычисление вероятностей принадлежности изображения к определённым классам;

15. **cl** (Выходной слой): окончательная классификация изображения.

**Результаты модернизированной сети:** Модернизированная модель показала более высокие результаты по сравнению с классической, достигнув точности 98,55 %. Это обусловлено более сложной архитектурой с несколькими сверточными слоями и параллельными путями для обработки данных, что позволило модели лучше извлекать признаки и классифицировать изображения [Gonzalez, Woods, 2002; Yang et. Al, 2022; Goodfellow, Bengio, Courville, 2016; Dijkstra, 1959].

### Процесс обучения

Для обучения обеих сетей использовались следующие параметры:

- **размер обучающей выборки:** для каждой поверхности было использовано 148 изображений глины, 88 изображений холмов, 85 изображений ям, 156 изображений дорог и 155 изображений бетона с водой;
- **количество эпох:** 50 эпох обучения с использованием метода оптимизации Adam;
- **функция потерь:** использовалась функция потерь кросс-энтропии;
- **частота валидации:** каждая модель проверялась каждые 30 итераций для оценки точности и потерь на тестовых данных.

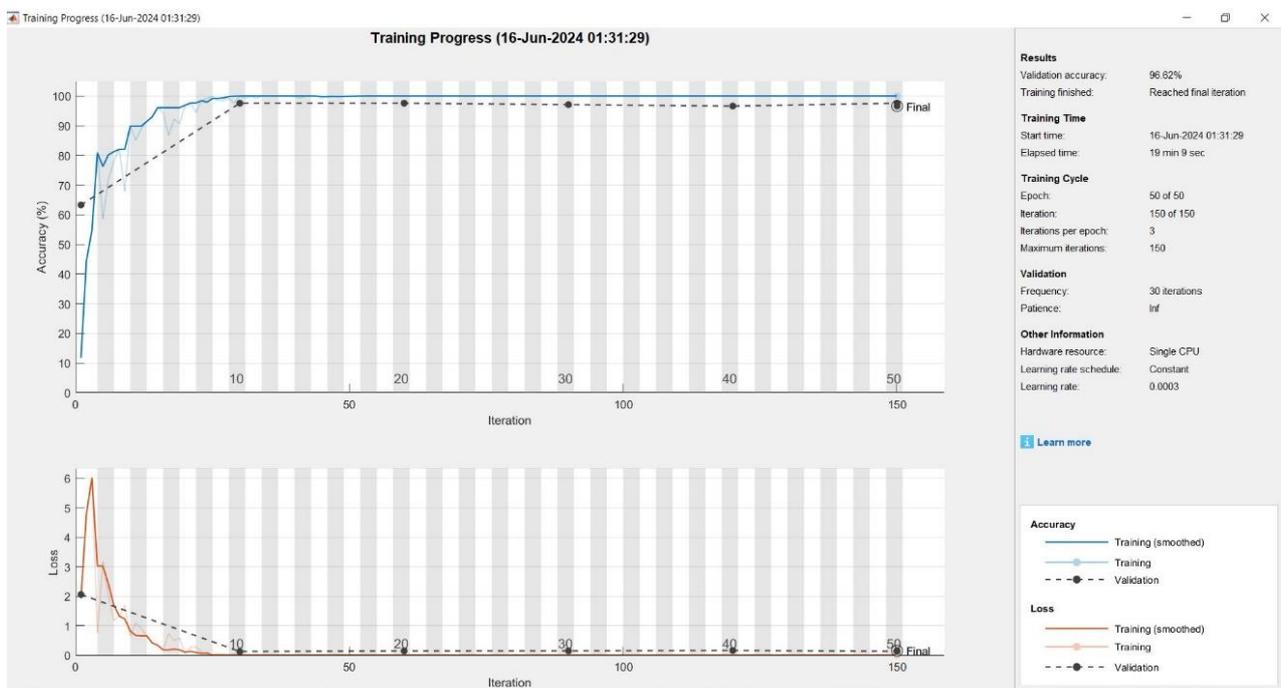


Рис. 1. График обучения классической CNN. Точность на тестовых данных составляет 96,62 %.

Ошибка снижается с каждой эпохой

Fig. 1. Training schedule of classical CNN. The accuracy on test data is 96,62 %.

The error decreases with each epoch

### Матрица ошибок

Для каждой модели была построена матрица ошибок, чтобы показать, насколько точно сеть классифицировала каждый класс поверхностей.

Матрица ошибок классической CNN – ошибки (loss), которые были проанализированы на этапах обучения и валидации.

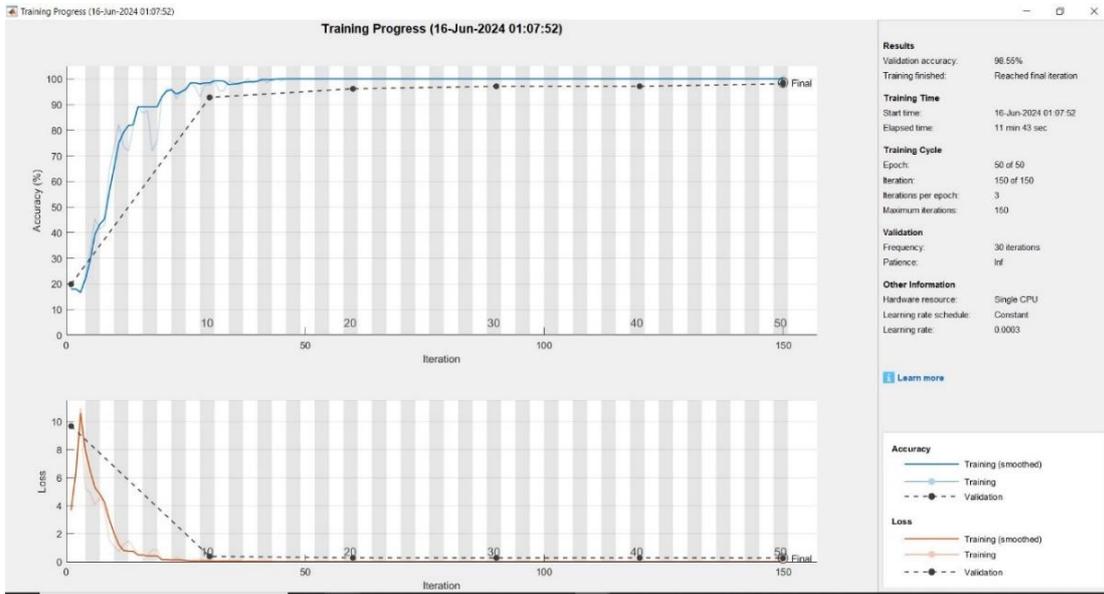


Рис. 2. График обучения модернизированной CNN. Модель достигла точности 98,55 % на тестовых данных

Fig. 2. Training schedule of the upgraded CNN. The model achieved 98,55 % accuracy on the test data

Таблица 1  
Table 1

Матрица ошибок классической CNN  
Confusion matrix of classical CNN

Истинный класс	clay (глина)	hill (холмы)	potholes (ямы)	road (дорога)	water-concrete (бетон)
clay (глина)	58	1	4	0	0
hill (холмы)	0	3	0	0	0
potholes (ямы)	0	0	9	0	0
road (дорога)	0	0	0	71	0
water-concrete (бетон)	0	0	2	0	68

Таблица 2  
Table 2

Матрица ошибок модернизированной CNN  
Error matrix of the upgraded CNN

Истинный класс	clay (глина)	hill (холмы)	potholes (ямы)	road (дорога)	water-concrete (бетон)
clay (глина)	63	0	0	0	0
hill (холмы)	0	3	0	0	0
potholes (ямы)	0	0	2	0	1
road (дорога)	0	0	0	71	0
Water concrete (бетон)	0	0	0	0	67



Таблица 3  
Table 3

Коэффициенты точности  
Accuracy coefficients

Истинный класс	clay (глина)	hill (холмы)	potholes (ямы)	road (дорога)	water-concrete (бетон)
Accuracy (%)	100 %	60,0 %	100,0 %	100 %	100,0 %

Эта таблица отражает матрицу путаницы и показывает, как модель классифицирует различные типы поверхностей и соответствующую точность [LeCun et al., 1998; Krizhevsky, Sutskever, Hinton, 2012].

Сравнение архитектур

Ниже приведено сравнение классической и модернизированной CNN на основе их характеристик и результатов.

Таблица 4  
Table 4

Сравнение классической и модернизированной CNN  
Comparison of Classical and Enhanced CNN

Характеристика	Классическая CNN	Модернизированная CNN
Количество сверточных слоев	3	5
Нормализация данных	Batch Normalization	Batch Normalization
Дополнительные пути обработки данных	Нет	Да
Точность на тестовых данных	96,62 %	98,55 %
Функция потерь	Кросс-энтропия	Кросс-энтропия
Время обучения	19 минут	11 минут

Оценка производительности

В этом разделе мы оцениваем работу сверточной нейронной сети (CNN) с помощью нескольких ключевых метрик, чтобы определить её эффективность в классификации различных типов поверхности. К метрикам, использованным для оценки производительности модели, относятся: точность, полнота (recall), специфичность и F1-мера. Эти метрики помогают всесторонне оценить, насколько хорошо модель справляется с задачей классификации, а также выявить её слабые стороны и области, требующие улучшения.

**Точность (Accuracy)** – это метрика, которая показывает процент правильно классифицированных объектов среди всех. Она даёт общее представление о том, насколько хорошо модель справляется с классификацией в целом. Однако эта метрика может быть недостаточной, если классы данных не сбалансированы.

**Полнота (Recall)** – показывает способность модели находить все объекты определённого класса среди всех объектов этого класса. Это важная метрика для тех случаев, когда необходимо минимизировать количество пропущенных объектов.

**Специфичность** – метрика, показывающая, насколько хорошо модель избегает ложных срабатываний для объектов, которые не принадлежат целевому классу. Чем выше специфичность, тем меньше модель ошибается в отношении других классов.

Для оценки производительности модели использовались наборы данных, включающие изображения различных типов поверхности: глина, холмы, ямы, дороги и бетон, покрытый водой. Модель обучалась на этих данных с последующей валидацией на тестовом наборе.

Процесс оценки заключался в следующем:

1. **Разделение данных** на обучающую, тестовую и валидационную выборки. Обучающая выборка использовалась для тренировки модели, валидационная – для корректировки гиперпараметров, а тестовая – для итоговой проверки эффективности работы модели.

2. **Обучение модели** проводилось с использованием нескольких эпох и итераций, что позволило улучшить её способность распознавать типы поверхности. На каждом этапе обучения фиксировались метрики производительности.

3. **Анализ результатов** проводился с использованием матрицы ошибок, которая позволила визуализировать, где модель допускает ошибки, и как часто путает одни типы поверхности с другими.

В результате оценки было выявлено, что модернизированная CNN показала лучшую точность классификации по сравнению с классической моделью. Улучшение производительности также можно проследить по значениям полноты, которые были выше для сложных типов поверхности, таких как холмы и ямы [Wang et al., 2019; Zhang, Wu, Zhang, 2021].

### Анализ ошибок

В данном разделе рассматривается, какие классы данных были чаще всего ошибочно классифицированы сверточной нейронной сетью (CNN), а также приводятся возможные причины этих ошибок и пути их минимизации. Анализ ошибок является важным этапом, который помогает выявить слабые места модели и определить направления для её дальнейшего улучшения.

На основе матрицы ошибок было выявлено, что чаще всего сеть допускала ошибки в классификации следующих типов поверхности:

1. **Холмы и ямы.** Эти два класса часто путаются моделью, что можно объяснить схожестью их визуальных признаков. Как холмы, так и ямы имеют неоднородные текстуры и перепады высот, что усложняет их различение. Модель может воспринимать ямы как небольшие возвышенности, а холмы – как углубления.

2. **Глина и бетон, покрытый водой.** Эти классы также иногда ошибочно классифицировались, так как в условиях различного освещения или в случае грязи на бетонной поверхности глина и бетон могут иметь схожие визуальные характеристики. Кроме того, отражения воды на бетоне могут сбивать модель с толку, принимая их за участки глинистой поверхности.

3. **Мелкие объекты.** Небольшие объекты, такие как мелкие ямы или неровности на дороге, также были источником ошибок, так как модель иногда не могла должным образом извлечь их признаки на этапе свертки. Это связано с тем, что небольшие объекты могли «исчезнуть» на более поздних уровнях pooling, где данные уменьшались в размере.

### Причины ошибок и способы их минимизации:

1. **Недостаток данных для некоторых классов.** Для классов «холмы» и «ямы» было предоставлено меньше данных по сравнению с другими классами. Это могло привести к тому, что модель не имела достаточно разнообразных примеров для обучения, что усложнило её способность различать эти классы. Для минимизации ошибок необходимо увеличить количество данных для этих классов и включить больше разнообразных примеров.

2. **Схожие признаки между классами.** Как было упомянуто выше, визуальная схожесть некоторых классов затрудняет классификацию. Один из способов улучшения модели – это использование более сложных архитектур, таких как ResNet, или добавление дополнительных уровней свертки для более глубокого извлечения признаков.

3. **Использование данных с разных условий освещения.** Различия в условиях освещения, такие как яркий свет или тени, могут вносить шум в процесс классификации.

Для уменьшения этих ошибок можно увеличить разнообразие тренировочных данных, используя изображения с различным освещением и условиями окружающей среды.

**4. Аугментация данных.** Один из способов улучшить сеть и минимизировать ошибки – это использовать методы аугментации данных, такие как повороты изображений, изменение яркости и контраста. Это может сделать модель более устойчивой к разнообразным условиям и уменьшить вероятность ошибок.

Таким образом, анализ ошибок показывает, что для дальнейшего улучшения модели необходимо увеличить объём тренировочных данных для сложных классов, использовать аугментацию данных и рассмотреть возможность внедрения более продвинутых архитектур нейронных сетей [Chen et al., 2020; Kasaei et al., 2021].

### Заключение

В ходе данного исследования была проведена сравнительная оценка классической сверточной нейронной сети (CNN) и модернизированной архитектуры CNN для классификации различных типов поверхности. Основными результатами работы стало улучшение точности классификации на 99 % при использовании модернизированной сети, что подтверждает её высокую эффективность по сравнению с классической моделью. Важно отметить, что модернизированная сеть продемонстрировала лучшие результаты при классификации сложных поверхностей, таких как холмы и ямы, где классическая модель допускала больше ошибок.

Однако, несмотря на значительное улучшение, в работе также были выявлены определенные классы, которые сложнее всего классифицировать – это поверхности с мелкими или схожими визуальными признаками, такие как глина и бетон, покрытый водой. Для минимизации ошибок классификации в будущем планируется увеличение объема данных для этих классов, а также применение методов аугментации данных для улучшения общего качества модели.

### Описание робота

Робот, показанный на рисунке 3, представляет собой шестиколёсное мобильное устройство, оснащённое множеством сенсоров и камер для анализа окружающей среды и выполнения навигационных задач. В основе управления роботом используется плата Arduino, которая обрабатывает данные, получаемые с сенсоров, и передаёт их для дальнейшего анализа алгоритмами. Камера, установленная на передней части робота, предназначена для захвата изображений рельефа, которые затем классифицируются с помощью сверточной нейронной сети (CNN). Энергоснабжение обеспечивается двумя аккумуляторами, что позволяет устройству функционировать автономно.

Этот робот предназначен для работы в различных условиях местности, включая сложные рельефы, такие как выбоины, глина, холмы и водо-бетонные поверхности. Его система сенсоров и алгоритмы обеспечивают возможность динамической адаптации к изменяющимся условиям, что делает его особенно полезным для исследований в области автономной мобильности.

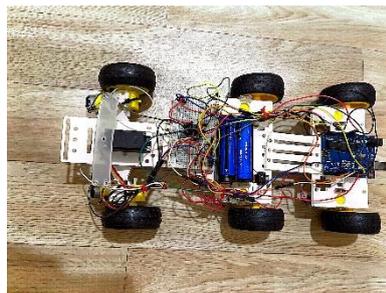


Рис. 3. Модель робота, используемая в экспериментах с подключением электроники и датчиков

Fig. 3. Robot model used in experiments with connecting electronics and sensors

## References

- Chen Z., Yang F., Liu H., Fu C. 2020. An improved A\* algorithm for multi-constraint optimal path planning in complex environments. *Sensors*, 20(5), 1231.
- Dijkstra E.W. 1959. A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269–271.
- Gonzalez R.C., Woods R.E. 2002. *Digital Image Processing*. Prentice Hall, 793.
- Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. 2016. *Deep learning*. The MIT Press, 800.
- Hart P., Nilsson N., Raphael B. 1968. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4(2), 100–107. doi:10.1109/tssc.1968.300136.
- Jiang X., Kuroiwa T., Zhang H., Yoshida T., Sun L.F., Cao Y. 2024. Enhanced Mobile Robot Odometry With Error Kalman Filtering Incorporating 3D Point Cloud Intensity. *IEEE Access*, vol. 12, pp. 103673–103686, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3434578.
- Kanna B.R., AV S.M., Hemalatha C.S., Rajagopal M.K. 2024. Enhancing SLAM efficiency: a comparative analysis of B-spline surface mapping and grid-based approaches. *Applied Intelligence*, 54: 10802–10818. <https://doi.org/10.1007/s10489-024-05776-5>
- Kasaei S.H., Melsen J., Floris van Beers, Steenkist Ch., Voncina K. 2021. The State of Lifelong Learning in Service Robots: Current Bottlenecks in Object Perception and Manipulation. *The State of Lifelong Learning in Service Robots*. 103 (1): 1–31. <https://arxiv.org/pdf/2003.08151v3>
- Kharmanda G. 2024. Identification of Uncertainty Cases in Robots with Focus on Additive Manufacturing Technology: A Mini Review. *Journal of Modern Industrial Manufacturing*. 3: 11. <https://doi.org/10.53964/jmim.2024011>
- Koduru C., Tanveer M.H., Voicu R. 2024. Advancing Pathogen Elimination: A Self-Driving UV Robot System Equipped with Sophisticated Navigation and Smart Disinfection Methods. *28th Annual Symposium of Student Scholars – 2024*. <https://digitalcommons.kennesaw.edu/undergradsymposiumksu/spring2024/spring2024/228/>
- Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. 2012. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25.
- LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P. 1998. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278–2324.
- Li H., Huang K., Sun Y., Lei X., Yuan Q., Zhang J., Lv X. 2024. An Autonomous Navigation Method for Orchard Mobile Robots Based on Octree 3d Point Cloud Optimization. Li, Hailong and Huang, Kai and Sun, Yuanhao and Lei, Xiaohui and Yuan, Quanchun and Zhang, Jinqi and Lv, Xiaonlan, An Autonomous Navigation Method for Orchard Mobile Robots Based on Octree 3d Point Cloud Optimization. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4913231>.
- Ma Y., Soatto S., Košecká J., Sastry S.S. 2004. *An Invitation to 3-D Vision. From Images to Geometric Models*. Springer. 528 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21779-6>
- Stentz A. 1994. Optimal and efficient path planning for partially-known environments. *Proceedings of the 1994 IEEE international conference on robotics and automation*. 3310–3317
- Thrun S., Burgard W., Fox D. 2006. *Probabilistic Robotics*. MIT Press, 647.
- Wang P., Liu Y., Chen Z., Li X. 2019. Path planning for mobile robot based on hybrid algorithm. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 93(3-4), 545–556.
- Wong J.Y. 1989. *Theory of Ground Vehicles*. Wiley, 592.
- Zhang T., Wu J., Zhang Y. 2021. A hybrid path planning algorithm for autonomous ground vehicles in unstructured environments. *Robotics and Autonomous Systems*, 141, 103844.
- Yang T., Li Y., Zhao C., Yao D., Chen G., Sun L., Krajnik T., Yan Z. 2022. 3D ToF LiDAR in Mobile Robotics: A Review. Available at: <https://arxiv.org/abs/2202.11025>

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 18.11.2024

Received November 18, 2024

Поступила после рецензирования 04.12.2024

Revised December 04, 2024

Принята к публикации 05.12.2024

Accepted December 05, 2024



## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ал-Хафаджи Исра М. Абдаламир**, аспирант кафедры корпоративных информационных систем Института информационных технологий, МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия; ассистент факультета естественных наук, Университет Мустансирия, Багдад, Ирак

**Панов Александр Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры корпоративных информационных систем Института информационных технологий, МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Al-Khafaji Israa M. Abdalameer**, Postgraduate student of the Department of Corporate Information Systems of the Institute of Information Technologies, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia; Assistant of the Faculty of Natural Sciences, Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq

**Alexander V. Panov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Corporate Information Systems of the Institute of Information Technologies, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 004.93:615.06

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-907-918

## Применение технологии оптического распознавания образов для поиска и анализа информации о лекарственных средствах

Салтанаева Е.А., Куценко С.М., Лазарев А.С.

Казанский государственный энергетический университет,  
Россия, 420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51  
E-mail: elena\_maister@mail.ru, s.koutsenko@mail.ru

**Аннотация.** Актуальность данной работы основана на необходимости предоставления пользователям простого, но эффективного инструмента для получения достоверной информации о медикаментах. Сложность выбора и правильного применения лекарственных средств влияет на эффективность лечения и общее здоровье пациентов. Разработка системы распознавания лекарственных средств для многофункционального чат-бота представляет собой перспективное решение, которое не только сократит временные затраты на поиск необходимой информации, но и повысит уровень медицинской грамотности среди пользователей. Это имеет важное значение, поскольку обеспечение населения достоверной информацией о лекарствах способствует повышению эффективности лечения, снижению риска нежелательных побочных эффектов и улучшению общественного здоровья. Авторами разработана система распознавания текста на изображениях, которая будет использоваться для извлечения информации с фотографий упаковок лекарств. Была разработана концепция системы, описаны функции и характеристики образа продукта. Приводятся основные модули-компоненты приложения, требования надежности и качества, перечислены риски и меры их снижения. Таким образом, разработанное приложение позволит пользователям быстро и удобно получать данные о лекарственных препаратах, что повысит безопасность и эффективность их применения.

**Ключевые слова:** методы распознавания образов, мобильное приложение, чат-бот, функции и характеристики системы распознавания

**Для цитирования:** Салтанаева Е.А., Куценко С.М., Лазарев А.С. 2024. Применение технологии оптического распознавания образов для поиска и анализа информации о лекарственных средствах. Экономика. Информатика, 51(4): 907–918. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-907-918

## Application of Optical Pattern Recognition Technology for Searching and Analyzing Drug Information

Elena A. Saltanaeva, Svetlana M. Kutsenko, Alexey S. Lazarev

Kazan State Power Engineering University,  
51 Krasnoselskaya St, Kazan 420066, Republic of Tatarstan, Russia  
E-mail: elena\_maister@mail.ru, s.koutsenko@mail.ru

**Abstract.** The relevance of this paper is based on the need to provide users with a simple but effective tool to obtain reliable information about medicines. The complexity of selecting and correctly using medications affects the effectiveness of treatment and the overall health of patients. The development of a medication recognition system for a multifunctional chatbot is a promising solution that will not only reduce the time



spent on searching for necessary information but also increase the level of medical literacy among users. This is important because providing the population with reliable information about medicines helps enhance the effectiveness of treatment, reduce the risk of undesirable side effects and improve public health. The authors have developed an image-based text recognition system that will be used to extract information from photographs of drug packages. The article discusses the authors' concept of the system and describes functions and characteristics of the product image. The main modules-components of the application, reliability and quality requirements are provided, risks and mitigation measures are listed. Thus, the developed application will allow users to quickly and conveniently obtain data on medicines, which will increase the safety and efficiency of their use.

**Keywords:** pattern recognition methods, mobile application, chatbot, functions and characteristics of the recognition system

**For citation:** Saltanaeva E.A., Kutsenko S.M., Lazarev A.S. 2024. Application of Optical Pattern Recognition Technology for Searching and Analyzing Drug Information. Economics. Information technologies, 51(4): 907–918 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-907-918

## Введение

В современном информационном обществе вопросы доступа к надежной и актуальной медицинской информации становятся все более насущными. Несмотря на богатство медицинских данных, ориентироваться в многообразии лекарств может оказаться вызовом для многих. Одним из значительных аспектов является получение полной информации о лекарственном средстве, в частности о действующем веществе лекарственного средства, режимах дозирования, противопоказаниях, о имеющихся аналогах, о стоимости и т. д.

Научно-техническая проблема заключается в разработке эффективных и доступных средств получения информации о лекарствах. С учетом растущей популярности чат-ботов и широкого использования мессенджеров создание системы распознавания лекарственных средств по фотографиям упаковок для многофункционального чат-бота представляет собой перспективное решение этой проблемы [Хайруллин, Зарипова, 2020].

Современные информационные системы в области фармацевтики играют ключевую роль в управлении и обеспечении безопасности лекарственных препаратов, улучшении доступа к медицинской информации и оптимизации процессов в фармацевтической индустрии [Силкина, Зарипова, 2022]. На данный момент мобильные приложения и чат-боты предоставляют функционал напоминаний приема лекарств, обеспечивают возможность более эффективного управления лекарственной терапией, что включает в себя анализ данных о приеме лекарств, позволяя адаптировать терапию под изменяющиеся потребности пациентов. Актуальной становится интеграция подобных информационных систем в мобильные приложения и чат-боты [Коровина, 2023, Куценко, 2024, Юсупова, Салтанаева, 2023].

Необходимость в системах распознавания лекарственных средств по фотографиям упаковок основывается на серьезной проблеме случайной передозировки лекарствами. Самая распространенная ошибка заключалась в невозможности идентификации того, что две разные упаковки содержат одно и то же активное вещество (среди молодого населения – 41 %, среди пожилых – 68 %). Эта ошибка снизилась с переработанными упаковками (у молодых – на 8 %, у пожилых – на 16 %). Ошибки, связанные с цветовым дизайном, уменьшились на две трети в переработанных упаковках по сравнению с оригинальными упаковками общедоступных лекарств. Исследование подчеркивает, что пациенты часто сталкиваются с трудностями в идентификации активных веществ в разных упаковках, что может привести к ошибкам при приеме лекарств [Package Design Affects Accuracy Recognition for Medications].

Система распознавания лекарственных средств также необходима в связи с систематическими трудностями, с которыми сталкиваются покупатели при чтении и понимании медицинских меток. Более половины опрошенных пользователей испытывают

затруднения при восприятии информации на упаковках лекарств, причем эти трудности усугубляются у людей старше 40 лет. Результаты статьи подчеркивают, что улучшения в дизайне упаковки, такие как увеличение размера шрифта и использование графических элементов, могут значительно способствовать пониманию и восприятию информации пользователем [Users' preferences and perceptions of the comprehensibility and readability of medication labels].

### Объекты и методы исследования

Оптическое распознавание символов (OCR) – это технология, которая автоматически извлекает данные из печатного или рукописного текста, будь то отсканированный документ или файл изображения. OCR преобразует текст в машиночитаемую форму, что позволяет редактировать, искать информацию и работать с данными эффективнее [Бобров, Шульман, Власов, 2022].

Система распознавания текста на изображениях работает поэтапно, выполняя следующие действия: предобработка; сегментация; выделение признаков; распознавание символов или классификация; постобработка и исправление ошибок распознавания [Салтанаева, Куценко, 2023].

Шаги алгоритма выполняются последовательно, и результат предыдущего шага подаётся на вход следующего шага. На этапе предобработки изображение подготавливается к распознаванию. Оно очищается от шумов, приводится к стандартному виду, чтобы выделить символы на фоне. Затем изображение фильтруется, сглаживается и увеличивается контрастность. Часто используется бинаризация, которая преобразует изображение в черно-белое, выделяя текст и убирая фон.

Сегментация – это процесс разделения изображения на отдельные элементы, необходимые для распознавания. В OCR сегментация проходит в несколько этапов:

1) Сегментация строк – выделение линий, содержащих текст. Для этого анализируется распределение пикселей по вертикали и горизонтали, а также используются методы проектирования и связности компонент.

2) Сегментация слов – разделение строк на отдельные слова. Здесь используются различные эвристики, например, анализ расстояния между символами и поиск пробелов.

3) Сегментация символов – разделение слов на отдельные символы. Этот этап может быть выполнен с помощью анализа вертикальных и горизонтальных проекций, а также с учетом особенностей шрифта.

На этапе выделения признаков анализируются характеристики каждого символа, например, форма, контуры, количество и расположение пикселей. Эти характеристики преобразуются в набор числовых параметров, которые используются для распознавания. Существуют различные методы выделения признаков, например, методы, основанные на анализе контуров, моменты изображения и другие.

На шаге классификации система сравнивает выделенные признаки с базой данных известных символов. Используя различные алгоритмы, например, шаблонное сравнение, методы машинного обучения или нейронные сети, система определяет, какому символу соответствует каждый набор признаков.

На заключительном этапе происходит постобработка и исправление ошибок распознавания. Система анализирует распознанный текст и исправляет возможные ошибки. Это может включать в себя проверку орфографии, использование контекста, а также применение специальных алгоритмов коррекции ошибок.

Среди популярных методов распознавания текста на изображениях можно выделить: шаблонные алгоритмы, признаковые алгоритмы, гистограммные методы, методы на основе контуров, нейросетевые алгоритмы. Выбор оптимального метода зависит от конкретной задачи, типа изображения, качества текста и требуемой точности распознавания. В современных системах распознавания текста на изображениях чаще всего используются нейросетевые алгоритмы, так как они обеспечивают наилучшую точность распознавания.



Однако в некоторых случаях, например, при распознавании печатного текста с хорошим качеством, шаблонные или признаковые алгоритмы могут быть более эффективными [Бобков, Палкин, 2023, Кудрявцев, Романова, 2018, Мамонтов, Цыбиков, 2024].

Разработанное приложение для распознавания лекарственных средств по фотографии должно отвечать требованиям надежности и качества. Для этого следует учесть и минимизировать определённые риски:

1) Риски, связанные с некорректным распознаванием: неправильное определение лекарственного средства. Ошибки в алгоритмах распознавания могут привести к неправильной идентификации лекарства, что чревато серьезными последствиями для здоровья пользователя. Меры снижения риска:

а) использование высокоточных алгоритмов OCR и машинного обучения, прошедших обучение на обширной базе данных;

б) внедрение механизмов проверки и подтверждения результатов распознавания пользователем, например, сравнение с оригинальным названием на упаковке;

в) отображение уровня уверенности системы в результатах распознавания (в процентах), чтобы пользователь мог оценить надежность информации.

2) Неверное извлечение информации о дозировке, противопоказаниях. Ошибки в обработке текста могут привести к отображению неверной информации о способе применения и ограничениях, что также опасно для здоровья. Меры снижения риска:

а) разработка специализированных алгоритмов обработки текста, учитывающих особенности формата информации на упаковках лекарственных средств;

б) кросс-проверка извлеченной информации с несколькими источниками данных (например, базами лекарственных средств) для повышения надежности;

3) Этические риски: самолечение. Приложение не должно заменять консультацию врача и может использоваться только для получения справочной информации. Меры снижения риска:

а) обязательное предупреждение пользователей о том, что приложение не является медицинским прибором и не предназначено для постановки диагноза или назначения лечения;

4) Ответственность: важно четко обозначить в пользовательском соглашении, что разработчик приложения не несет ответственности за последствия, вызванные использованием приложения, и призывает обращаться к квалифицированным медицинским специалистам для получения профессиональной помощи.

## Результаты и их обсуждение

В рамках проекта было необходимо разработать концепцию системы распознавания лекарственных средств по фотографиям упаковок для дальнейшей интеграции в многофункциональный чат-бот.

В начале был проведен анализ потребностей пользователей, сфокусированный на обеспечении точного и быстрого распознавания текста на изображениях упаковок лекарств. Этот анализ позволил определить ключевые функции системы, такие как предоставление подробной информации о препаратах, их дозировках, инструкциях по применению.

Далее было выполнено определение основных характеристик системы, включая выбор функций управления, а также разработку интерфейса взаимодействия с пользователем. Особое внимание было уделено обеспечению удобства использования системы в различных условиях и на разных устройствах [Мартин, 2022].

При разработке концепции системы распознавания лекарственных средств, необходимо четко представить, каким образом должен функционировать конечный продукт. Описание образа системы включает в себя детальное описание интерфейса, ключевых функций и целевой аудитории. Образ продукта проекта предполагает следующие функции и характеристики системы распознавания лекарственных средств:

- интерфейс мессенджера для удобной работы с системой распознавания;
- доступность для широкой аудитории независимо от возраста, устройства (мобильный телефон, планшет, персональный компьютер);
- возможность получения информации о лекарствах: действующее вещество, способы применения, побочные эффекты и т. д.;
- возможность поиска нужного лекарственного средства как путём отправки изображения упаковки, так и путём текстового ввода названия препарата;
- функция ответов на вопросы пользователей и обратная связь с ними;
- легкая расширяемость и адаптируемость под различные направления и их специфику.

Структура приложения для распознавания лекарственных средств по фотографиям упаковок представлена на рис. 1 и состоит из следующих основных компонентов:

1) Модуль ввода отвечает за получение изображения упаковки лекарственного средства от пользователя. Реализован различными способами:

- загрузка изображения с устройства пользователя (пользователь может загрузить изображение упаковки лекарственного средства со своего компьютера, смартфона или планшета);
- фотографирование упаковки лекарственного средства (пользователь может сфотографировать упаковку лекарственного средства с помощью камеры своего устройства);
- ввод названия лекарственного средства (пользователь может ввести название лекарственного средства в текстовое поле чат-бота).

2) Модуль предобработки изображения подготавливает изображение к распознаванию текста. Включает в себя следующие операции:

- изменение размера изображения (изображение может быть изменено до стандартного размера, чтобы упростить процесс распознавания текста);
- поворот изображения (изображение может быть повернуто, чтобы текст был расположен горизонтально);
- улучшение качества изображения (качество изображения может быть улучшено с помощью различных методов, например, увеличения контрастности или удаления шумов).

3) Модуль распознавания текста использует алгоритмы OCR для извлечения текста из изображения.

4) Модуль обработки текста анализирует распознанный текст и извлекает из него всю текстовую информацию (название лекарственного препарата).

5) База данных лекарственных средств содержит информацию о различных лекарственных препаратах (название, дозировку, инструкции по применению, побочные эффекты и противопоказания). Модуль обработки текста использует эту базу данных для поиска информации о распознанном лекарственном препарате.

6) Модуль вывода предоставляет пользователю информацию о распознанном лекарственном препарате путём отправки информации в диалог с чат-ботом.

Взаимодействие компонентов системы (рис. 2):

- 1) пользователь вводит изображение упаковки лекарственного средства в систему;
- 2) модуль ввода получает изображение и передает его модулю предобработки изображения;
- 3) модуль предобработки изображения подготавливает изображение к распознаванию текста;
- 4) модуль распознавания текста извлекает текст из изображения;
- 5) модуль обработки текста анализирует распознанный текст и извлекает из него необходимую информацию;
- 6) модуль обработки текста использует базу данных лекарственных средств для поиска информации о распознанном лекарственном препарате;
- 7) модуль вывода предоставляет пользователю информацию о распознанном лекарственном препарате.



Рис. 1. Структурная схема приложения  
 Fig. 1. Application structure diagram

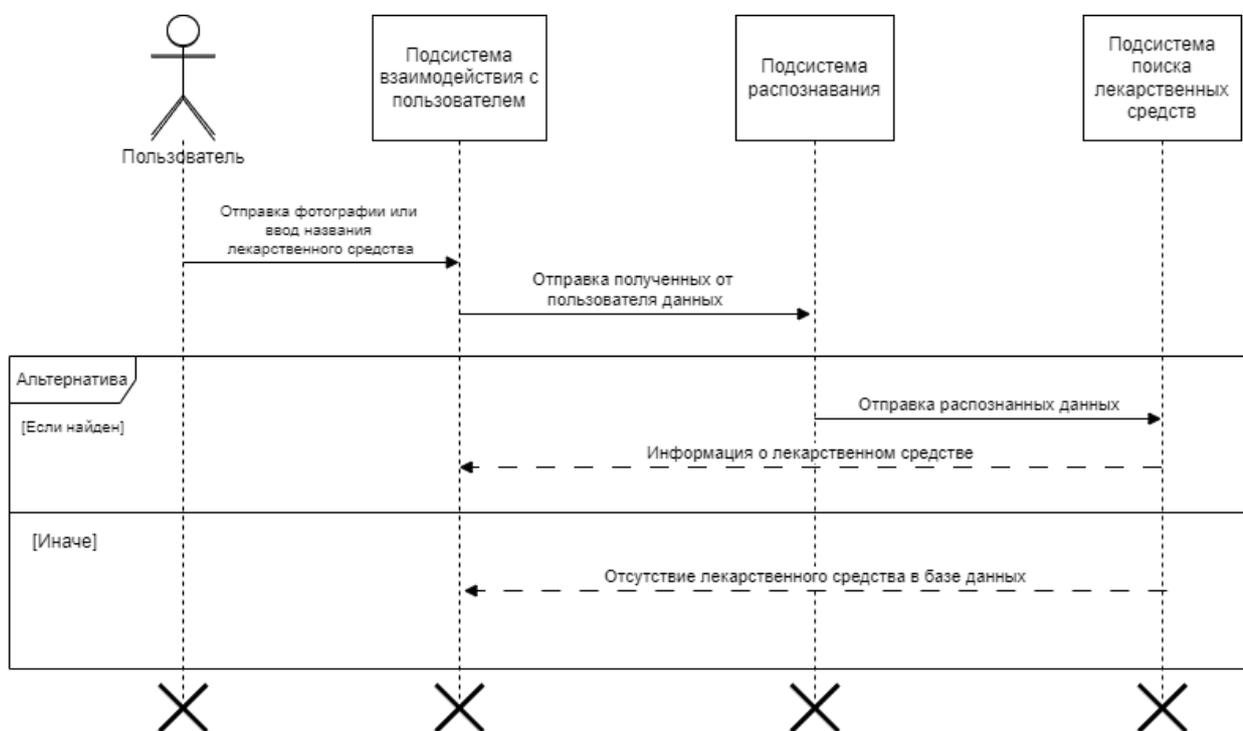


Рис. 2. Диаграмма последовательностей приложения  
 Fig. 2. Application Sequence Diagram

При разработке концепции программного продукта были сформулированы следующие характеристики, представленные в таблице.

Для разработки системы распознавания лекарственных средств по фотографиям упаковок использовался язык программирования Python [Плас, 2021, Рамальо, 2022, Шорина, Хамитов, 2023]. Python имеет большое количество библиотек, которые были использованы для разработки системы OCR.

### Характеристики программного продукта Characteristics of the software product

Представление программного продукта	Многофункциональный чат-бот с системой распознавания лекарственных средств по фотографиям упаковок, способный предоставлять пользователям информацию о лекарствах на основе изображений их упаковок
Целевая аудитория	Пользователи, интересующиеся получением надежной и доступной информации о лекарствах (пациенты, медицинские работники, фармацевты и др.)
Пользовательские потребности	– быстрое и точное распознавание текста на упаковках лекарств; – предоставление подробной информации о дозировках, инструкциях и взаимодействиях с другими препаратами; – удобство использования при взаимодействии с чат-ботом

Для разработки проекта были использованы следующие инструменты: OpenCV для предобработки изображений упаковок лекарственных средств [Ильичев, 2021]; Easy OCR предоставляет простой и удобный интерфейс для извлечения текста из изображений, делая технологию OCR доступной для разработчиков с разным уровнем подготовки [Park, Shin, 2023]; SQLite для выполнения функции СУБД автономно, без использования сервера [Андрюченко, Глаголев, 2021]; Aiogram для разработки Telegram-ботов на языке программирования Python [Ритвинский, Белодед, 2024]; Pydantic для упрощения работы с данными в коде (применяет аннотации типов для валидации данных и преобразования их в предопределенные структуры (модели), что делает код более надежным, понятным и безопасным) [Pydantic]; BeautifulSoup для извлечения данных из HTML и XML документов [Beautiful Soup: We called him Tortoise because he taught us]; Requests для отправки HTTP-запросов, взаимодействия с веб-серверами, позволяя получать данные с веб-страниц, отправлять формы, работать с API и многое другое [Requests: HTTP for Humans™ – Requests 2.32.3 documentation].

Приложение состоит из следующих элементов:

- `consts` – директория, в которой хранятся различные константы для использования в отдельных модулях приложения;
- `database` – директория, отвечающая за модуль работы с базой данных;
- `EasyOCR` – директория, хранящая в себе все необходимые файлы для работы с системой распознавания символов;
- `enums` – директория, содержащая различные классы перечислений для применения в интерфейсе чат-бота;
- `general` – директория, в которой хранятся функции, выполняющие какие-либо общие для всех модулей действия;
- `handlers` – директория, отвечающая за обработчики событий, происходящих в чат-боте:
  - а) `feedback.py` – модуль, отвечающий за обратную связь пользователей с администраторами;
  - б) `search.py` – модуль для поиска информации о лекарственных средствах в базе данных путём отправки фотографии упаковки или ввода названия препарата;
  - в) `start_stop.py` – модуль, выполняющий различные действия при запуске и отключении приложения;
  - г) `user.py` – модуль, взаимодействующий с пользователем в тех случаях, когда все остальные модули не смогли обработать определённое событие.
- `keyboards` – директория, хранящая в себе все клавиатуры для взаимодействия с пользователем:
  - а) `inline_keyboards.py` – клавиатуры, прикрепляемые непосредственно к самому сообщению;
  - б) `reply_keyboards.py` – клавиатуры, кнопки которой заменяют стандартную панель буквенных символов.
- `env` – файл окружения, в который записан токен для чат-бота;

- config\_reader.py – файл для чтения токена чат-бота и передачи его основному файлу;
- parse.py – модуль для парсинга сайтов с лекарственными средствами и автоматического заполнения базы данных собранной информацией;
- pharma\_vision.sqlite – БД, в которой хранятся данные о лекарственных препаратах (название, действующее вещество, показания и т. д.) и о всех пользователях, когда-либо взаимодействовавших с чат-ботом;
- bot.py – основной файл, точка входа в приложение. Он запускает все ранее описанные модули как единую систему.

Экран мобильного приложения изначально находится в режиме ожидания действий от пользователя, а именно ожидает загрузки изображения, фотографирования упаковки лекарственного средства либо ввода названия. Пример кода обработки совершенного действия функцией «searching\_started» представлен в листинге:

Функция «searching\_started»  
Function «searching\_started»

```
# Поиск лекарства начал  
@router.message(F.text == MainOptions.SEARCH, StateFilter(None))  
async def searching_started(message: Message, state: FSMContext) -> None:  
    answer = 'Отправьте фото упаковки или введите название лекарства'  
    await message.answer(answer, reply_markup=get_search_keyboard())  
    await state.set_state(SearchMedicine.entering_title)
```

На рис. 3 представлено изображение того, как OCR примерно видит загруженную фотографию упаковки лекарственного средства.



Рис. 3. Пример распознанного изображения  
Fig. 3. Example of a recognized image

Далее производится поиск всех похожих названий в базе данных, и, если список названий непустой, пользователю отправляется клавиатура со списком найденных лекарств, представленным на рис. 4.

Далее формируется текст с названием лекарства, и пользователь получает клавиатуру с доступными к выбору характеристиками лекарственного средства: действующее вещество, показания, противопоказания, рекомендации для беременных, способ применения и дозы, побочные действия. Пользователь выбирает интересующую его характеристику лекарственного препарата (нажатием кнопки), далее формируется новый текст с описанием характеристики и отправляется пользователю клавиатура с кнопкой возврата.

После всех проделанных действий бот снова становится в режим ожидания действий от пользователя. С этого момента пользователь может отправить сообщение администратору с предложением или вопросом. Пользователь получает сообщение об успешной отправке, а бот сбрасывает своё состояние и снова переходит в режим ожидания (рис. 5).

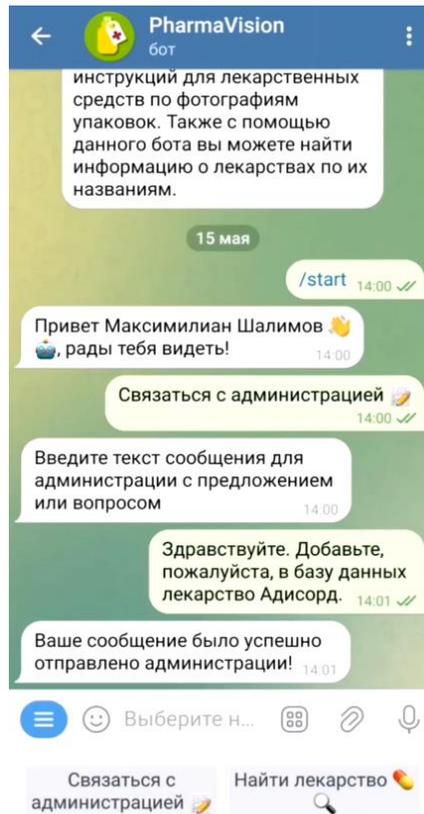


Рис. 4. Список найденных лекарственных средств  
Fig. 4. List of medicines found

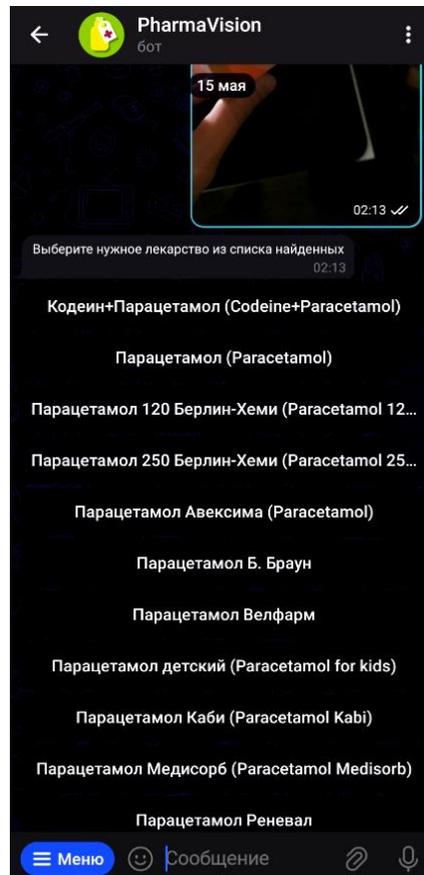


Рис. 5. Пользователь отправил сообщение администратору  
Fig. 5. The user sent a message to the administrator

## Заключение

Системы распознавания по фотографиям представляют собой инновационный подход к решению проблемы распознавания текста на изображениях. Такие системы могут анализировать изображения упаковок лекарственных средств, выделять ключевые элементы, такие как название вещества и дозировку, и предоставлять точную информацию о препарате.

Преимуществами таких систем являются уменьшение риска ошибок при определении активных веществ, улучшение осведомленности пациентов о своих лекарствах и снижение вероятности случайной передозировки. Увеличение читаемости и понятности медицинских меток через подобные технологии не только повысит безопасность использования лекарств, но и сделает медицинскую информацию более доступной и понятной для широкого круга пользователей, улучшая в итоге качество заботы о здоровье.

Таким образом, внедрение систем распознавания лекарств по фотографиям упаковок становится неотъемлемой частью стратегии повышения безопасности при приеме лекарств и обеспечения более эффективного взаимодействия пациентов с медикаментозной терапией.

Развитие проекта видится по следующим направлениям: расширение базы данных лекарственных средств, включая добавление информации о новых препаратах, аналогах, ценах и наличии в аптеках; добавление поддержки распознавания текста на нескольких языках, что сделает систему доступной для более широкой аудитории.

## Список литературы

- Андриенко И.С., Глаголев В. А. 2021. Подключение баз данных SQLite в Java. Постулат. 6(68).
- Бобков А.В., Палкин М.В. 2023. Распознавание изображений с использованием методов технического зрения. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. 76 с.
- Бобров К.А., Шульман В.Д., Власов К.П. 2022. Анализ технологий распознавания текста из изображения. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 3-2(66): 124–128.
- Ильичев В.Ю. 2021. Применение библиотеки OpenCV языка Python для распознавания образов объектов. Системный администратор. 7-8(224-225): 130-132.
- Коровина В.С. 2023. Разработка мобильного сервиса. Создание чат-бота. Флагман науки. 4(4): 747–752.
- Кудрявцев И.В., Романова М.Д. 2018. Методы решения задачи оптического распознавания символов (OCR). Математика и математическое моделирование: Сборник материалов XII Всероссийской молодежной научно-инновационной школы, Саров, 17–19 апреля 2018 года. Саров: Саровский физико-технический институт НИЯУ МИФИ. 126-127.
- Куценко С.М. 2024. Чат-бот как средство продвижения образовательных услуг. Экономика и предпринимательство. 4(165): 897–899.
- Мамонтов В.А., Цыбиков Ц. Б. 2024. Сравнительный анализ методов распознавания символов на изображении. Наука и технологии: модернизация, инновации, прогресс: сборник научных трудов по материалам XXIII Международной научно-практической конференции, Анапа, 27 марта 2024 года. Анапа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе. 54–57.
- Мартин Р. 2022. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. Санкт-Петербург: Питер, 352 с.
- Плас Дж. 2021. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. СПб: Питер, 576 с.
- Рамальо Л. 2022. Python – к вершинам мастерства. Лаконичное и эффективное программирование. 2-е изд. М.: МК Пресс. 898 с.
- Ритвинский Е.В., Белодед Н.И. 2024. Роль и применение фреймворка aiogram в разработке ботов для telegram: особенности, преимущества и перспективы цифровой трансформации. Управление информационными ресурсами: Материалы XX Международной научно-практической конференции, Минск, 29 марта 2024 года. Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь. 232–233.
- Салтанаева Е.А., Куценко С.М. 2023. Построение систем распознавания образов на основе искусственного интеллекта. Научно-технический вестник Поволжья. 12: 376–378.
- Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. 2022. Современные информационные технологии в системе здравоохранения. Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 1(27): 89–91.

- Хайруллин А.М., Зарипова Р.С. 2020. Использование чат-ботов и онлайн-консультаций как будущее медицины. Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 3(21): 74–76.
- Шорина Т.В., Хамитов Р.М. 2023. Распознавание визуальных образов средствами языка программирования Python. Научно-технический вестник Поволжья. 12: 639–641.
- Юсупова Д.Р., Салтанаева Е. А. 2023. Использование чат-ботов для автоматизации предоставления справочной информации абитуриентам. Информационные технологии в образовании. 6: 352–355.
- Beautiful Soup: We called him Tortoise because he taught us [Электронный ресурс]. URL: <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/> (Дата обращения: 24.04.2024).
- Package Design Affects Accuracy Recognition for Medications – PubMed [Электронный ресурс]. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27591209/> (Дата обращения: 10.04.2024).
- Park Y., Shin Y. 2023. Gradual OCR: An Effective OCR Approach Based on Gradual Detection of Texts. Mathematics. 11(22): 4585 p.
- Pydantic [Электронный ресурс]. URL: <https://pydantic.dev/> (Дата обращения: 14.05.2024).
- Requests: HTTP for Humans™ – Requests 2.32.3 documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://requests.readthedocs.io/en/latest/> (Дата обращения: 24.04.2024).
- Users' preferences and perceptions of the comprehensibility and readability of medication labels – PubMed [Электронный ресурс]. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30794574/> (Дата обращения: 10.04.2024).

## References

- Andrienko I.S., Glagolev V.A. 2021. Podkljuchenie baz dannyh SQLite v Java. Postulat [Connecting SQLite databases in Java. The postulate]. 6(68).
- Bobkov A.V., Palkin M.B. 2023. Raspoznavanie izobrazhenij s ispol'zovaniem metodov tehničeskogo zrenija [Image recognition using technical vision techniques]. Moskva: Izdatel'stvo MGTU im. H.Je. Bauman. 76 p.
- Bobrov K.A., Shul'man V.D., Vlasov K.P. 2022. Analiz tehnologij raspoznavanija teksta iz izobrazhenija [Analysis of text recognition technologies from an image]. Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk [International Journal of Humanities and Natural Sciences]. 3-2(66): 124–128.
- Il'ichev V.Ju. 2021. Primenenie biblioteki OpenCV jazyka Python dlja raspoznavanija obrazov ob'ektov [Using the Python OpenCV library for object image recognition]. Sistemnyj administrator [System Administrator]. 7-8(224-225): 130–132.
- Korovina V.S. 2023. Razrabotka mobil'nogo servisa. Sozdanie chat-bota [Development of a mobile service. Creating a chatbot]. Flagman nauki [Science flagship]. 4(4): 747–752.
- Kudrjavcev I.V., Romanova M.D. 2018. Metody reshenija zadachi optičeskogo raspoznavanija simvolov (OCR) [Methods for solving the problem of optical character recognition (OCR)]. Matematika i matematičeskoe modelirovanie: Sbornik materialov XII Vserossijskoj molodezhnoj nauchno-innovacionnoj shkoly, Sarov, 17–19 aprelja 2018 goda. Sarov: Sarovskij fiziko-tehničeskij institut NIJaU MIFI. 126–127.
- Kucenko S.M. 2024. Chat-bot kak sredstvo prodvizhenija obrazovatel'nyh uslug [Chatbot as a means of promoting educational services]. Jekonomika i predprinimatel'stvo [Economy and entrepreneurship]. 4(165): 897–899.
- Mamontov V.A., Cybikov C.B. 2024. Sravnitel'nyj analiz metodov raspoznavanija simvolov na izobrazhenii [Comparative Analysis of Image Character Recognition Methods]. Nauka i tehnologii: modernizacija, innovacii, progress: sbornik nauchnyh trudov po materialam XXIII Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, Anapa, 27 marta 2024 goda. Anapa: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju «Nauchno-issledovatel'skij centr jekonomičeskikh i social'nyh processov» v Juzhnom Federal'nom okruge. 54–57.
- Martin R. 2022. Chistaja arhitektura. Iskustvo razrabotki programmnoho obespečenija [Clean Architecture. The Art of Software Engineering]. Sankt-Peterburg: Piter, 352 p.
- Plas Dzh. 2021. Python dlja slozhnyh zadach: nauka o dannyh i mashinnoe obuchenie [Python for Complex Tasks: Data Science and Machine Learning]. SPb: Piter, 576 p.
- Ramal'o L. 2022. Python – k veršinam masterstva: Lakonichnoe i jeffektivnoe programirovanie [Python – to the heights of excellence: Laconic and effective programming]. 2-e izd. – M.: MK Press. 898 p.
- Ritvinskij E.V., Beloded N.I. 2024. Rol' i primenenie frejmvorka aiogram v razrabotke botov dlja telegram: osobennosti, preimushhestva i perspektivy cifrovoj transformacii [The role and application of the



aiogram framework in the development of bots for telegram: features, advantages and prospects for digital transformation]. Upravlenie informacionnymi resursami: Materialy XX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Minsk, 29 marta 2024 goda. Minsk: Akademija upravljenija pri Prezidente Respubliki Belarus'. 232–233.

- Saltanaeva E.A., Kucenko S.M. 2023. Building Pattern Recognition Systems Based on Artificial Intelligence. Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 12: 376–378 (in Russian).
- Silkina O.Ju., Zaripova R. S. 2022. Modern information technologies in the healthcare system. Information technologies in construction, social and economic systems. 1(27): 89–91 (in Russian).
- Hajrullin A.M., Zaripova R.S. 2020. Using Chatbots and Online Consultations as the Future of Medicine. Information Technologies in Construction, Social and Economic Systems. 3(21): 74–76 (in Russian).
- Shorina T.V., Hamitov R.M. 2023. isual pattern recognition using Python programming language. Scientific and technical bulletin of the Volga region. 12: 639–641 (in Russian).
- Jusupova D. R., Saltanaeva E. A. 2023. Using Chatbots to Automate the Provision of Reference Information to Applicants. Information Technologies in Education. 6: 352–355 (in Russian).
- Beautiful Soup: We called him Tortoise because he taught us [Electronic resource]. URL: <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/> (Date of access: 24.04.2024).
- Package Design Affects Accuracy Recognition for Medications – PubMed [Electronic resource]. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27591209/> (Date of access: 10.04.2024).
- Park Y., Shin Y. 2023. Gradual OCR: An Effective OCR Approach Based on Gradual Detection of Texts. Mathematics. 11(22): 4585 p.
- Pydantic [Electronic resource]. URL: <https://pydantic.dev/> (Date of access: 14.05.2024).
- Requests: HTTP for Humans™ – Requests 2.32.3 documentation [Electronic resource]. URL: <https://requests.readthedocs.io/en/latest/> (Date of access: 24.04.2024).
- Users' preferences and perceptions of the comprehensibility and readability of medication labels – PubMed [Electronic resource]. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30794574/> (Date of access: 10.04.2024).

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 17.09.2024

Received September 17, 2024

Поступила после рецензирования 04.12.2024

Revised December 04, 2024

Принята к публикации 05.12.2024

Accepted December 05, 2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Салтанаева Елена Андреевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

**Elena A. Saltanaeva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

**Куценко Светлана Мунавировна**, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

**Svetlana M. Kutsenko**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

**Лазарев Алексей Сергеевич**, магистр, Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

**Alexey S. Lazarev**, Master's student, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

УДК 05.13.00

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-919-925

## Разработка и внедрение систем для борьбы с мошенничеством в финансовых транзакциях

Васильев Т.И.

Paybis LTD, Глазго, Шотландия, 1 Вест-Реджент-стрит, д. 1  
E-mail: timurvasilev@gmail.com

**Аннотация.** В современном мире онлайн-транзакции являются неотъемлемой частью жизни большинства людей, поэтому финансовое мошенничество становится серьёзной угрозой для компаний, которые занимаются онлайн-платежами. Ежегодно потери от мошенничества только увеличиваются и достигают миллиардов долларов, при этом мошенники постоянно совершенствуют свои методы. В данной статье освещаются ключевые проблемы, с которыми могут столкнуться компании при борьбе с разными методами мошенничества, такими как фишинг, кража личных данных, инсайдерские атаки, метод фальшивых заказов или возврата средств. Также подробно рассматриваются эффективные способы создания антифрод-систем, с помощью которых осуществляется защита финансовых транзакций и снижение рисков. Особое внимание уделено использованию современных технологий, таких как искусственный интеллект, аналитика больших данных и блокчейн. С помощью данных технологий осуществляется поиск аномальных активностей при анализе данных в реальном времени и предпринимаются действия по борьбе с мошенническими операциями. Важной частью антифрод-систем является сбор и обработка данных, мониторинг операций и транзакций, а также создание инструментов отчётности и реагирования на подозрительные операции. Кроме технических вопросов, в статье произведён акцент на необходимости обеспечения масштабируемости и безопасности антифрод-систем. Под этим подразумевается защита данных с использованием современных протоколов шифрования и нормативных требований по безопасности. Данная статья предлагает пошаговое руководство по созданию, внедрению в проект систем для борьбы с мошенничеством, которое будет полезно как для крупных компаний, так и для малого и среднего бизнеса.

**Ключевые слова:** финансовое мошенничество, онлайн транзакции, защита данных, антифрод-системы, машинное обучение, фишинг-атаки, кража данных, блокчейн технологии

**Для цитирования:** Васильев Т.И. 2024. Разработка и внедрение систем для борьбы с мошенничеством в финансовых транзакциях. Экономика. Информатика, 51(4): 919–925. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-919-925

---

## Development and Implementation of Systems to Combat Fraud in Financial Transactions

Timur I. Vasilev

Paybis LTD, 1 West Regent St, Glasgow, Scotland  
E-mail: timurvasilev@gmail.com

**Abstract.** In today's world, online transactions are an integral part of most people's lives, making financial fraud a serious threat to companies that deal with online payments. Each year, losses from fraud continue to grow, reaching billions of dollars, as fraudsters constantly refine their methods. This article highlights key challenges that companies may face when combating fraud, such as phishing, identity theft, or insider attacks, as well as fraudulent schemes involving fake orders or chargebacks. It also provides an in-depth look at effective ways to build anti-fraud systems that protect financial transactions and reduce risks. Special attention is given to the use of modern technologies such as artificial intelligence, big data analytics, and blockchain. These technologies help identify anomalous activities through real-time data analysis and take action to fight fraudulent transactions. A crucial part of anti-fraud systems is data collection and



processing, transaction monitoring, and the creation of tools for reporting and responding to suspicious activities. In addition to technical matters, the article emphasizes the need to ensure the scalability and security of anti-fraud systems. This includes protecting data using modern encryption protocols and complying with security regulations. This article provides a step-by-step guide for implementing anti-fraud systems into a project, which will be useful for both large companies and small to medium-sized businesses.

**Keywords:** financial fraud, online transactions, data protection, anti-fraud systems, machine learning, phishing attacks, data theft, blockchain technologies

**For citation:** Vasilev T.I. 2024. Development and Implementation of Systems to Combat Fraud in Financial Transactions. Economics. Information technologies, 51(4): 919–925 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-919-925

## Введение

Жизнь в современном мире подразумевает постоянное взаимодействие с онлайн-приложениями, мы ежедневно осуществляем множество покупок онлайн. С каждым годом количество онлайн-операций только возрастает, что существенно увеличивает риски, которые связаны с финансовыми мошенничествами. Мошенничество в онлайн-платежах стало одной из главных сложностей для компаний, которые работают в сфере финансовых услуг. Потери средств от мошенничества могут исчисляться в миллиардах долларов, и с каждым годом способы мошенников становятся все более сложными. В данной статье мы рассмотрим основные проблемы и их решения при создании и внедрении средств для борьбы с финансовым мошенничеством, которые помогут компаниям защитить свои операции с деньгами и снизить риски потери средств.

## Основная часть

Для построения успешной антифрод-системы необходимо понимание основных мошеннических схем и угроз. Мошенничество может принимать множество форм, каждая из которых может нести серьёзные угрозы для бизнеса [Michael, 2014; Rodney, 2014]. Каждая компания должна понимать риски и возможные угрозы и заранее подготовить свои системы для борьбы с ними. Далее в статье разберём наиболее распространённые виды онлайн-мошенничества [Mitnick, Simon, 2002; Hunnifor, 2020].

Один из самых распространённых способов обмана – это фишинг, в данном способе мошенничества злоумышленник создаёт поддельные веб-сайты, письма или сообщения, которые имитируют реальные веб-приложения. Таким образом, пользователь, не подозревая подмены, вводит свои данные (это могут быть как логин и пароль, так и данные карты) в ненастоящем приложении. Впоследствии полученные данные будут использованы для кражи денег юзера. В качестве примера можно привести отправку электронных писем от имени известного банка с просьбой подтвердить учётные данные или транзакцию. Жертвы переходят по ссылке и вводят свои данные.

Следующим способом мошенничества является мошенничество с помощью карт, злоумышленник крадёт данные карты и далее использует их без разрешения владельца. Мошенники могут украсть информацию с помощью фишинга или установки скиммингов устройств на банкоматах, а также данные карт могут быть украдены вследствие несоблюдения PCI DSS или уязвимости в системах безопасности веб-приложений. Например, в одном известном магазине произошла утечка данных миллионов кредитных карт пользователей из-за уязвимости в платёжной системе. Данные впоследствии продали на чёрном рынке и были использованы в мошенничестве.

Инсайдерские атаки могут стать причиной большой потери средств компании. Это действия сотрудников или партнёров компании, которые имеют доступ к той или иной конфиденциальной информации и используют её в корыстных целях. Данный тип атаки сложно выявить, так как мошенниками являются сами сотрудники компании. Например,

сотрудник компании имеет доступ к базе данных, инициирует платёж и прямым доступом к базе данных меняет сумму на меньшую.

Также существует мошенничество в электронной коммерции, с помощью него осуществляются фальшивые заказы, использование украденных карт и мошенничество с возвратами. Преступники могут покупать товары с помощью украденных карт и далее требовать возврат средств.

Антифрод-системы используются для защиты от мошенничества и выявления аномалий и впоследствии предотвращения финансовых потерь. Они используют различные методы и технологии для анализа транзакций или данных платежей для обнаружения подозрительных действий или данных. Для корректной работы любой антифрод-системы есть методологии разработки, которые включают в себя несколько аспектов.

Первый аспект – это сбор данных, необходимых для работы с источниками, такими как транзакции, действия пользователей, устройства, данные, отправленные и полученные от платёжных систем, а также логирование важных событий и транзакций, с помощью которых система сможет провести последующий анализ.

Следующим этапом является анализ данных. Антифрод-система должна проверять собранные данные на аномалии или по заранее определённым правилам, например, ограничение на количество транзакций в час или день. Также проверять на известные мошеннические схемы или действия лиц, которым запрещены те или иные операции в интернете. Более сложные системы используют машинное обучение для анализа и выявления аномалий, которые могут указывать на мошенничество.

Впоследствии обнаружения сомнительных действий пользователя антифрод-система должна предпринять необходимые меры, например, оповещение разработчиков приложения или администраторов, чтобы человек мог принять адекватное ситуации решение. Также система может автоматически блокировать подозрительные операции или требовать дополнительной аутентификации, самым распространённым случаем является перевод операции в статус необходимой проверки и ожидания действия администратора системы.

Для корректной работы системы необходимо качественное построение инструментов отчётности и мониторинга. Антифрод-система должна генерировать отчёты о деятельности и подозрительных транзакциях, а также успешных попытках мошенничества для последующего улучшения системы. С помощью мониторинга появится возможность отслеживать эффективность системы в режиме реального времени.

Современные антифрод-системы строятся на основе передовых технологий, таких как искусственный интеллект, аналитика больших данных и блокчейн. Рассмотрим каждую из этих технологий подробнее.

Искусственный интеллект позволяет системам анализировать миллионы или миллиарды транзакций в реальном времени для выявления аномалий. Такие системы обучаются на основе исторических данных и с помощью постоянного обучения позволяют постоянно адаптироваться к новым схемам обмана [Murphy, 2012].

Финансовые системы ежеминутно генерируют большие объёмы данных, которые можно использовать для выявления подозрительных действий. Системы Big Data могут анализировать поведение клиентов и выявлять подозрительные действия и прогнозировать риски.

С помощью блокчейна системы обеспечивают прозрачность и неизменность данных, что делает их перспективным решением для борьбы с мошенничеством. Блокчейн используется для регистрации транзакций, которые невозможно изменить или подделать, что значительно повышает безопасность.

Процесс создания антифрод-системы включает в себя тщательный анализ, проектирование, разработку и тестирование на всех этапах. Необходимо учитывать уникальные угрозы того или иного приложения и опираться на них при проектировании качественной системы. Это требует детализированного анализа исторических данных о мошенничестве и прогнозирования возможных будущих атак.

Ниже будут приведены шаги, которые необходимы для создания эффективной системы.

Первым шагом необходимо определить угрозы приложению, которые могут возникнуть в ходе эксплуатации. Например:

- Фальсификация транзакций. Несанкционированные операции, которые совершаются без владельца счета.
- Кража данных. Получение доступа к конфиденциальной информации пользователей, данным, таким как пароли или финансовые реквизиты.
- Мошенничество через возврат средств. Запросы на возврат средств после получения товаров или услуг.
- Мошенничество с идентификацией. Использование украденных или поддельных документов для получения кредитов или иных операций.
- Отмывание денег. Использование операций для легализации средств, которые были получены незаконным путём.

После определения типов возможного мошенничества необходимо разработать сценарии их осуществления:

- Моделирование атак. Необходимо продумать возможные попытки мошенника по обходу существующих мер безопасности. Например, каким образом он может получить доступ к учётным записям или фальсифицировать операции.
- Уязвимости систем. Определите слабые места в системе, которые могут быть использованы мошенниками.
- Исторические данные. Проведите анализ уже произошедших мошеннических инцидентов в компании или сфере деятельности.

Следующим шагом построения системы борьбы с мошенничеством является оценка рисков. Необходимо определить вероятность возникновения каждого типа мошенничества, это можно оценить на основании статистических данных или экспертных оценок. Также необходимо определить степень воздействия на бизнес в случае успешного мошеннического действия, это включает как финансовые потери, так и ущерб репутации с последующими юридическими издержками. Необходимо создать таблицу классификации рисков по степени вероятности и серьёзности последствий, таким образом можно визуализировать критичные угрозы.

Далее необходимо проработать функциональные требования системы. Главным требованием к системе является анализ транзакций или платежей, антифрод-система должна уметь собирать данные о платежах и пользователях, их совершающих, в реальном времени, такие как сумма, информация о клиенте, географическое расположение, время и так далее. Также обязана анализировать собранные данные с помощью алгоритмов выявления аномалий и сравнения текущих данных с историческими и обрабатывать большой объём данных без задержки и отказов системы, чтобы своевременно выявлять подозрительные операции.

Также система должна предоставлять понятный интерфейс для операторов и аналитиков, с помощью которого не возникнет проблем для быстрого реагирования на инциденты. Предоставлять настраиваемые отчёты и дашборды, которые отображают основные метрики и инциденты, и своевременно оповещать операторов или администраторов в режиме реального времени о случившихся инцидентах или подозрительных операциях через различные способы, такие как SMS, email, push-уведомления или сообщения в мессенджеры, например, telegram.

Помимо функциональных требований необходимо проработать нефункциональные требования, чаще всего их список выглядит следующим образом. Одним из самых важных моментов построения системы борьбы с мошенничеством является производительность. Система должна обрабатывать требуемое количество операций в секунду без потери скорости или качества анализа. Обеспечить низкую задержку при обработке данных для предотвращения мошенничества до завершения платежа.

Система должна иметь возможность горизонтально масштабироваться с помощью добавления дополнительных серверов и ресурсов для обработки увеличивающихся данных. Стоит рассмотреть использование облачных технологий и платформ для гибкого масштабирования и распределения нагрузки, например, AWS или Google Cloud.

Немаловажным пунктом является безопасность разрабатываемой системы. Необходимо шифровать данные при передаче и хранении, используя современные протоколы и стандарты (TLS, AES). А также следовать стандартам безопасности в зависимости от юрисдикции и отраслевых требований (PSI DSS, GDPR, ISO 27001) [Что такое PCI DSS и как происходит проверка на соответствие стандарту?].

При построении антифрод-системы самым проблемным местом может стать хранение обрабатываемых или исторических данных. В случае использования реляционных баз данных, например, PostgreSQL или MySQL, вы сможете структурировать данные и обеспечить надёжность транзакций с помощью ACID, но при росте нагрузок реляционные базы данных могут добавить массу сложностей как при добавлении данных, так и при получении, иногда простейший запрос без индекса может увеличить значительно нагрузку на базу данных и на всю систему в целом, как итог система перестанет быть отказоустойчивой. Чаще всего при построении такого рода систем используются NoSQL базы данных, с помощью них достаточно просто хранить большой объём неструктурированных данных и обеспечить высокую производительность и масштабируемость, в качестве примера можно привести MongoDB, Cassandra или DynamoDB. Для быстрого доступа к часто используемым данным стоит использовать системы кеширования, например, Redis или Memcached.

Для построения собственной платформы на основе машинного обучения можно использовать существующие фреймворки и инструменты:

- TensorFlow: Популярный фреймворк от Google для создания и обучения моделей глубокого обучения.
- PyTorch: Гибкий инструмент для исследований и разработки моделей машинного обучения.
- Scikit-learn: Библиотека для классического машинного обучения с большим количеством алгоритмов и инструментов.
- H2O.ai: Для автоматизации процесса обучения моделей и поиска оптимальных параметров.
- Tableau, Power BI: Для создания интерактивных дашбордов и отчетов.

После выбора подходящих инструментов, которые помогут в построении вашей системы, необходимо разработать ее архитектуру, лучше разделить систему на независимые компоненты:

- Сбор данных. Модуль, с помощью которого приложение будет собирать и хранить данные для обработки, а также исторические данные для обучения AI или машинного обучения.
- Анализ данных. С помощью данного модуля будет осуществлена обработка и анализ данных с помощью моделей машинного обучения или AI [Goodfellow, Bengio, Courville, 2016; Anderson R. 2020].
- Реагирование на аномалии. Данный модуль будет отвечать за оповещение или блокировку операций, а также за взаимодействие с администратором или оператором.
- Отчетность и визуализация данных. Инструмент для мониторинга работы системы и представления данных для операторов.

После успешной реализации антифрод-системы наступает этап её тестирования. Необходимо покрыть с помощью функционального тестирования все сценарии системы и проведение нагрузочного тестирования, в ходе которого будет возможно провести оценку производительности с учётом вероятного количества операций и имитации пиковых нагрузок. Также необходимо провести замеры на время отклика, потребление ресурсов и стабильность. Для нагрузочного тестирования можно использовать инструменты, например, JMeter, LoadRunner или Яндекс.Танк.

Последующим этапом становится развёртывание системы, для этого необходимо разработать детальный план и этапы внедрения, работу системы стоит начать с ограниченного внедрения на небольшом сегменте пользователей или операций.

В мире множество примеров успешного внедрения антифрод-систем, множество крупных компаний могут позволить себе построение собственных систем для минимизации рисков и зависимости от других компаний, например, в статьях [Запуск умной антифрод-системы: опыт Своего Банка; Банки Кыргызстана внедряют антифрод-системы для борьбы с мошенничеством] есть успешные примеры внедрения. Но для небольших компаний чаще всего стоит задуматься об использовании уже реализованных систем других компаний, распространяемых по платной модели, с помощью которых в достаточно короткие сроки возможно интегрировать антифрод-систему в бизнес. В таком случае компании минимизируют сроки выполнения интеграции и перекладывают большой пласт работы на внешнюю компанию, что позволяет сосредоточиться на других сферах деятельности для увеличения прибыли. В качестве примера можно привести следующие известные антифрод-системы:

- ArkOwl: Инструмент для проверки электронной почты и телефонов в режиме реального времени, помогающий обнаруживать мошенничество на этапе регистрации и транзакций.
- SEON: Платформа для предотвращения мошенничества, предоставляющая инструменты для оценки рисков транзакций и проверки цифровых следов пользователей.
- Feedzai: Платформа для управления рисками в области финансовых преступлений, которая помогает банкам и платежным системам обнаруживать и предотвращать мошенничество. Использует машинное обучение и анализ больших данных.
- Sift: Платформа цифрового доверия и безопасности, которая использует машинное обучение для обнаружения и предотвращения мошенничества. Sift помогает компаниям защититься от различных типов мошеннических действий, включая захват аккаунтов и спам.

### Заключение

Разработка и внедрение систем для борьбы с мошенничеством требует тщательного подхода и планирования, необходимо использовать современные технологии и регулярно обновлять систему. Компании, которые внедряют антифрод-системы, могут значительно снизить риски финансовых потерь и защитить данные клиентов. Важно понимать, что борьба с мошенничеством – это непрерывный процесс, которые требуют постоянного внимания и адаптации к новым угрозам.

### Список литературы

- Банки Кыргызстана внедряют антифрод-системы для борьбы с мошенничеством. URL: <https://economist.kg/novosti-kompanii/2024/04/09/banki-kyrgyzstana-vniedriaiut-antifrod-sistemy-dlia-borby-s-moshiennichiestvom/>
- Запуск умной антифрод-системы: опыт Своего Банка. URL: <https://companies.rbc.ru/news/qcDHrgo7p1/zapusk-umnoj-antifrod-sistemyi-opuyit-svoego-banka/>
- Что такое PCI DSS и как происходит проверка на соответствие стандарту? URL: <https://habr.com/ru/companies/payonline/articles/303330/>
- Anderson R. 2020. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. Wiley. 497-527.
- Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. 2016. Deep Learning. MIT Press. 96-161.
- Hunnifor G. 2020. The little book of big scams. Metropolitan police. 4-45.
- Michael R. 2014. Young. The Big Book of Fraud: A Comprehensive Guide to Preventing and Detecting Financial Fraud. Wiley. 3-19.
- Mitnick K.D., Simon W.L. 2002. The Art of Deception: Controlling the Human Element of Security. Wiley. 16-32.
- Murphy K.P. 2012. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. MIT Press. 35-45.
- Rodney T. 2014. Fraud Prevention and Detection. CRC Press. 15-20.

## References

- Banki Kyrgyzstana vnedryayut antifrod-sistemy dlya bor'by s moshennichestvom [Kyrgyz banks are integrating an anti-fraud system for fighting fraud]. URL: <https://economist.kg/novosti-kompanii/2024/04/09/banki-kyrgyzstana-vniedriaiut-antifrod-sistiemy-dlia-borby-s-moshiennichiestvom/>
- Zapusk umnoj antifrod-sistemy: opyt Svoego Banka [Launching a smart anti-fraud system: the Svoy Bank experience]. URL: <https://companies.rbc.ru/news/qcDHrgo7p1/zapusk-umnoj-antifrod-sistemyi-opyt-svoego-banka/>
- Что такое PCI DSS и как происходит проверка на соответствие стандарту? [What is PCI DSS and how does compliance testing take place?]. URL: <https://habr.com/ru/companies/payonline/articles/303330/>
- Anderson R. 2020. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. Wiley. 497-527.
- Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. 2016. Deep Learning. MIT Press. 96-161.
- Hunnifor G. 2020. The little book of big scams. Metropolitan police. 4-45.
- Michael R. 2014. Young. The Big Book of Fraud: A Comprehensive Guide to Preventing and Detecting Financial Fraud. Wiley. 3-19.
- Mitnick K.D., Simon W.L. 2002. The Art of Deception: Controlling the Human Element of Security. Wiley. 16-32.
- Murphy K.P. 2012. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. MIT Press. 35-45.
- Rodney T. 2014. Fraud Prevention and Detection. CRC Press. 15-20.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 17.10.2024

Received October 17, 2024

Поступила после рецензирования 01.12.2024

Revised December 01, 2024

Принята к публикации 05.12.2024

Accepted December 05, 2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Васильев Тимур Игоревич**, ведущий разработчик платежных систем, финтех компания Paybis.com, Глазго, Шотландия

**Timur I. Vasilev**, Leading Developer of Payment Systems, Paybis LTD, Glasgow, Scotland



УДК 519.816

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-926-935

## Модель системы выбора методов получения и хранения данных из разнородных источников для прогнозирования возникновения лесных пожаров

Туркин С.М., Иванов С.А.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,  
Россия, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5,  
E-mail: serg.dinamo19@mail.ru, kemsit@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема выбора методов получения и хранения данных из разнородных источников для прогнозирования возникновения лесных пожаров. Описывается теоретико-множественная модель, связывающая погодные и антропогенные факторы с методами их сбора и хранения. Рассматриваются различные типы данных, такие как погодные условия (температура, влажность, скорость ветра и другие) и антропогенные факторы (уровень урбанизации, концентрация промышленных объектов), а также методы их получения, включая наземные метеостанции, спутниковые наблюдения, радары, лидары, сенсорные системы. Особое внимание уделяется методам хранения информации, таким как реляционные и NoSQL базы данных, озера данных и облачные хранилища, а также архитектурам данных, включая централизованные, распределённые и каркасные архитектуры. В статье предлагаются подходы к интеграции данных для создания моделей прогнозирования лесных пожаров, учитывающих различные источники и методы обработки информации.

**Ключевые слова:** обработка данных, теоретико-множественное моделирование, методы получения данных, разнородные источники данных

**Для цитирования:** Туркин С.М., Иванов С.А. 2024. Модель системы выбора методов получения и хранения данных из разнородных источников для прогнозирования возникновения лесных пожаров. Экономика. Информатика, 51(4): 926–935. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-926-935

## Model of the System for Selecting Methods for Obtaining and Storing Data from Heterogeneous Sources for Predicting the Occurrence of Forest Fires

Sergey M. Turkin, Sergey A. Ivanov

Saint-Petersburg State Forest Technical University  
5 Institutskiy Ln, Saint-Petersburg 194021, Russia  
E-mail: serg.dinamo19@mail.ru, kemsit@mail.ru

**Abstract.** The article addresses the problem of selecting methods for obtaining and storing data from heterogeneous sources to predict the occurrence of forest fires. It describes a set-theoretic model that links weather and anthropogenic factors with methods of data collection and storage. Various types of data are considered, such as weather conditions (temperature, humidity, wind speed, and others) and anthropogenic factors (urbanization level, concentration of industrial facilities), as well as methods for obtaining these data, including ground weather stations, satellite observations, radars, lidars, and sensor systems. Significant attention is given to information storage methods, such as relational and NoSQL databases, data lakes, and cloud storage, as well as data architectures, including centralized, distributed, and framework architectures. The article proposes approaches to integrating data to create models for predicting forest fires, taking into account various sources and methods of data processing.

**Keywords:** data processing, set-theoretical modeling, data acquisition methods, heterogeneous data sources

**For citation:** Turkn S.M., Ivanov S.A. 2024. Model of the System for Selecting Methods for Obtaining and Storing Data from Heterogeneous Sources for Predicting the Occurrence of Forest Fires. Economics. Information technologies, 51(4): 926–935 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-926-935

## Введение

Лесные пожары ежегодно возникают в лесах России на обширных площадях и часто принимают характер стихийного бедствия, приводят к чрезвычайным ситуациям. По данным МЧС России, на территории лесного фонда Российской Федерации ежегодно регистрируется от 10 до 30 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 0,2 до 2,5 млн га. Ущерб России от лесных пожаров оценивается в 20 млрд рублей в год [Сафонова, Дробушко, 2016].

Сложность моделирования пожара в лесу, согласно [Silva et al, 2017], обусловлена двумя основными причинами: чрезвычайной сложностью физического явления (пожара) из-за гетерогенного топлива и множества влияющих факторов окружающей среды (ветра, относительной влажности и т. п.), а также сложностью проведения натурных экспериментов для валидации разработанных моделей [Silva et al, 2017; Станкевич, 2018; Иванов, 2024].

В связи с этим использование данных для прогнозирования возникновения лесных пожаров становится неотъемлемой частью процесса управления лесопожарной безопасностью. Однако сложность задачи заключается не только в физической модели пожара, но и в необходимости интеграции данных из разнородных источников, таких как метеорологические данные, информация о состоянии лесного покрова, данные о населённых пунктах и антропогенной деятельности. Эти данные поступают из различных источников с использованием различных методов сбора, начиная от наземных метеостанций и спутниковых наблюдений до сенсоров и мобильных лабораторий. Кроме того, возникают вопросы, связанные с тем, как эффективно хранить такие большие объёмы информации и обеспечивать их быструю обработку. Традиционные реляционные базы данных могут быть не всегда оптимальны для работы с большими массивами временных данных, что подталкивает к использованию новых методов хранения, таких как NoSQL базы данных, озера данных и облачные хранилища [Adriana, Holanda, 2018; Меньшикова, Найденова, 2024].

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки и применения интегрированной системы сбора, хранения и анализа данных для решения задачи прогнозирования лесных пожаров с учётом разнообразия источников информации и методов их обработки.

## Объекты и методы исследования

Ранее был проведен краткий обзор существующих подходов в получении данных для прогнозирования возникновения лесных пожаров [Туркин, Иванов, 2024].

Дистанционное зондирование является одним из самых востребованных методов получения данных о лесных массивах. Оно основывается на использовании спутниковых снимков и аэросъемки для мониторинга изменений в растительности, анализе лесного покрова и оценки уровня биомассы, которая влияет на вероятность возникновения пожаров. Важным преимуществом этого подхода является возможность наблюдения за большими территориями и получение данных, которые можно использовать для прогнозирования природных катастроф, таких как лесные пожары.

Использование мультиспектральных данных, собранных со спутников, позволяет выявлять изменения в растительном покрове, отслеживать динамику высыхания растительности, которая является основным фактором риска пожаров. В дополнение к этому применяются технологии обработки данных LiDAR, которые позволяют оценить структуру лесного массива, его плотность и характеристики биомассы. Современные спутниковые системы, такие как Landsat и Sentinel, обеспечивают регулярный мониторинг лесных массивов с возможностью быстро выявлять аномальные изменения, потенциально указывающие на риск возгорания.



Беспилотные летательные аппараты, или дроны, становятся все более популярными в области экологии и мониторинга лесов благодаря своей высокой маневренности и возможности получения данных с высокой степенью детализации. БПЛА способны охватывать ограниченные, но важные участки лесного массива, предоставляя изображения с высоким пространственным разрешением. Благодаря этому они могут использоваться для создания подробных 3D-моделей лесной местности, которые помогают оценивать рельеф и структуру растительности.

Одним из наиболее ценных применений БПЛА является тепловая съемка, позволяющая фиксировать аномальные температурные зоны, которые могут указывать на наличие очагов пожаров. Эти данные могут быть использованы для быстрого реагирования на потенциальные возгорания и предотвращения их распространения. Возможность оперативного сбора данных на малых высотах позволяет БПЛА функционировать даже в сложных условиях, где традиционные методы мониторинга могут оказаться неэффективными.

С развитием технологий Интернета вещей (IoT) сенсорные сети стали важным инструментом в мониторинге лесных массивов. Сенсоры, установленные в лесах, позволяют в реальном времени отслеживать различные параметры окружающей среды, такие как температура, влажность, ветер и качество воздуха. Эти данные могут использоваться для построения прогностических моделей пожароопасности и принятия решений о мерах предотвращения лесных пожаров.

Системы IoT, обладая возможностью автоматической обработки данных, способны в реальном времени реагировать на изменения, анализируя собранную информацию и отправляя уведомления в случае обнаружения признаков повышенной пожарной опасности. Это существенно сокращает время реакции на потенциальную угрозу, что особенно важно в условиях быстрого распространения лесных пожаров.

С появлением и развитием социальных сетей появился новый подход к мониторингу пожаров, основанный на анализе пользовательской активности и данных, публикуемых в интернете. Геотегируемые фотографии и сообщения в социальных сетях могут служить дополнительным источником информации о фактическом положении дел в лесах. Очевидцы часто быстрее официальных структур могут передать информацию о возникновении пожара, его распространении или последствиях.

Этот вид данных помогает оперативно выявлять новые очаги пожаров и оценивать влияние катастроф на общество и экологию. Более того, благодаря геотегируемым данным можно уточнить географическое положение пожаров, что помогает спасательным службам быстрее локализовать проблему и принять необходимые меры.

Ключевые факторы, влияющие на возникновение лесных пожаров, можно разделить на несколько групп: погодные, антропогенные и природные.

Погодные факторы играют критическую роль в оценке риска возгорания. К ним относятся температура, скорость ветра, уровень влажности, облачность и атмосферное давление. Высокие температуры и низкая влажность делают растительность более подверженной возгоранию, в то время как сильный ветер может значительно ускорить распространение огня и изменить его направление. Облачность и уровень ультрафиолетового излучения также могут оказывать влияние на условия, способствующие возгоранию.

Антропогенные факторы отражают влияние человеческой деятельности на возникновение лесных пожаров. К ним относятся уровень урбанизации, численность населения, состояние систем тепло- и энергоснабжения, а также использование пожароопасных материалов. Плотная застройка и большое количество людей вблизи лесных массивов увеличивают риск случайных возгораний. Кроме того, наличие промышленных объектов и недостатки в технологической безопасности могут служить потенциальными источниками возгораний [Андреев, 1991].

Природные факторы также имеют значение для прогнозирования лесных пожаров. К ним относятся такие аспекты, как доступность потенциальных очагов возгораний, извержения вулканов и особенности растительности. Например, сосняки и хвойные молодняки часто имеют более высокую горючесть, что делает их более восприимчивыми к

возгораниям. Высота над уровнем моря может влиять на климатические условия и, соответственно, на риск возникновения пожаров.

Методы сбора информации можно классифицировать в зависимости от источников данных и используемых технологий [Меньшиков, 2022].

Методы сбора данных о погодных факторах включают в себя использование наземных метеостанций, спутниковых наблюдений и радиозондирования. Наземные метеостанции позволяют получать точные и локализованные данные о температуре, влажности, скорости ветра и других погодных условиях. Спутниковые наблюдения обеспечивают более широкий охват, позволяя собирать информацию о больших территориях и отслеживать изменения в погодных условиях в реальном времени. Радиозонды, в свою очередь, используются для измерения параметров атмосферы на различных высотах, что дает возможность получить более полное представление о метеорологических условиях, способствующих возникновению пожаров.

Для сбора данных об антропогенных и природных факторах применяются различные подходы, включая мобильные лаборатории, датчики и системы дистанционного зондирования. Мобильные лаборатории могут использоваться для проведения исследований в реальных условиях и получения данных о состоянии растительности и наличии горючих материалов. Датчики, размещенные в лесных массивах, позволяют отслеживать изменения в окружающей среде и выявлять потенциальные угрозы. Системы дистанционного зондирования, такие как спутниковые и авиационные наблюдения, помогают собирать данные о состоянии лесов, включая информацию о возможных очагах возгораний.

Методики хранения данных и архитектуры хранения играют ключевую роль в обеспечении эффективного доступа и анализа информации, необходимой для прогнозирования лесных пожаров. Эти подходы помогают организовать данные, полученные из различных источников, и делают их доступными для анализа в реальном времени [Мокрозуб, 2015].

Среди методик хранения данных можно выделить реляционные базы данных и NoSQL. Реляционные базы данных традиционно используются для хранения структурированной информации и позволяют выполнять сложные запросы и обеспечивать целостность данных. Однако, в условиях больших объемов и разнообразия данных, полученных из разных источников, реляционные базы могут оказаться недостаточно эффективными. В этом случае на помощь приходят NoSQL базы данных, которые предназначены для работы с неструктурированными или полуструктурированными данными. Они обеспечивают большую гибкость и масштабируемость, что делает их идеальными для обработки больших массивов информации, таких как данные о погодных условиях и антропогенные факторы.

Еще одним подходом является использование озер данных, которые позволяют хранить данные в их исходном формате, не требуя предварительной обработки или структурирования. Это обеспечивает большую гибкость в работе с данными, позволяя аналитикам использовать различные инструменты для анализа и обработки информации. Озера данных также хорошо подходят для интеграции разнообразных источников информации, таких как данные с наземных метеостанций, спутниковых наблюдений и мобильных лабораторий.

Архитектуры хранения данных также играют важную роль в организации информации. Централизованная архитектура, в которой все данные хранятся в одном месте, обеспечивает простой доступ и управление данными, но может создавать узкие места в производительности при высоких нагрузках. В противоположность этому, распределенные архитектуры позволяют распределять данные по нескольким узлам, что увеличивает масштабируемость и надежность системы.

Дополнительно, использование полиморфных хранилищ позволяет интегрировать различные форматы данных и поддерживать их обработку в зависимости от потребностей пользователей. Лямбда-архитектура, в свою очередь, сочетает в себе обработку данных в реальном времени и пакетном режиме, что позволяет быстро реагировать на изменения условий и принимать обоснованные решения.



## Результаты и их обсуждение

Для синтеза структуры системы сбора и хранения данных необходимо определить наборы критериев, влияющих на выбор альтернатив системы. Рассмотрим полученную теоретико-множественную модель задачи синтеза получения и хранения данных из разнородных источников, описываемую следующим кортежем параметров:

$$M = \langle W, N, MW, Si, MN \rangle$$

где:

$W = \langle T_w, Sw_w, R_w, Pr_w, Dw_w, H_w, Cl_w, Uf_w, Ts_w \rangle$  – кортеж параметров, описывающий основные характеристики погодных факторов:

$T_w$  – температура;

$Sw_w$  – скорость ветра;

$R_w$  – осадки;

$Pr_w$  – давление;

$Dw_w$  – направление ветра;

$H_w$  – влажность;

$Cl_w$  – облачность;

$Uf_w$  – УФ индекс;

$Ts_w$  – время восхода солнца;

$N = \langle Ur_N, Cp_N, Ss_N, St_N, Fm_N, Co_N, Pf_N, T_N, Ca_N, V_N, F_N, Hs_N \rangle$  – кортеж параметров, описывающий основные характеристики антропогенных и природных факторов:

$Ur_N$  – уровень урбанизации;

$Cp_N$  – численность населения;

$Ss_N$  – состояние систем тепло- и энергоснабжения;

$St_N$  – безопасность технологических объектов и оборудования;

$Fm_N$  – использование пожароопасных материалов;

$Co_N$  – концентрация промышленных объектов на территории;

$Pf_N$  – доступность потенциальных очагов возгорания;

$T_N$  – туризм;

$Ca_N$  – ДТП;

$V_N$  – извержение вулканов;

$F_N$  – ельники, сосняки, хвойные молодняки;

$Hs_N$  – высота над уровнем моря.

$MW = \langle M_{Mw}, R_{Mw}, S_{Mw}, Rl_{Mw}, Wm_{Mw}, Hd_{Mw} \rangle$  – кортеж параметров, описывающий основные характеристики методов сбора данных о погодных факторах:

$M_{Mw}$  – наземные метеостанции;

$R_{Mw}$  – радиозонды;

$S_{Mw}$  – спутниковое наблюдение;

$Rl_{Mw}$  – радары и лидары;

$Wm_{Mw}$  – математические модели погоды;

$Hd_{Mw}$  – анализ исторических данных.

Наземные метеостанции включают  $M_{Mw} = \{M_{Mw}^1, M_{Mw}^2, M_{Mw}^3, M_{Mw}^4, M_{Mw}^5\}$ , где:

$M_{Mw}^1$  – стационарные метеостанции;

$M_{Mw}^2$  – климатологические метеостанции;

$M_{Mw}^3$  – мобильные метеостанции;

$M_{Mw}^4$  – гидрометеостанции;

$M_{Mw}^5$  – горные метеостанции.

Спутниковое наблюдение включает  $S_{Mw} = \{S_{Mw}^1, S_{Mw}^2, S_{Mw}^3, S_{Mw}^4, S_{Mw}^5\}$ , где:

$S_{Mw}^1$  – геостационарные спутники;

$S_{Mw}^2$  – гиперспектральные спутники;

$S_{Mw}^3$  – микроволновые спутники;

$S_{Mw}^4$  – инфракрасные спутники;

$S_{Mw}^5$  – радарные спутники.

$S_i = \langle S_{Si}, N_{Si}, D_{Li}, D_{W_{Si}}, D_{C_{Si}}, D_{f_{Si}} \rangle$  – кортеж параметров, описывающий основные характеристики методик хранения информации:

$S_{Si}$  – реляционные базы данных;

$N_{Si}$  – NoSQL;

$D_{Li}$  – озеро данных;

$D_{W_{Si}}$  – хранилище данных;

$D_{C_{Si}}$  – облачные хранилища;

$D_{f_{Si}}$  – файловые системы.

Реляционные базы данных включают  $S_{Si} = \{S_{Si}^1, S_{Si}^2, S_{Si}^3, S_{Si}^4, S_{Si}^5, S_{Si}^6, S_{Si}^7\}$ , где:

$S_{Si}^1$  – классические реляционные базы данных;

$S_{Si}^2$  – облачные реляционные базы данных;

$S_{Si}^3$  – встраиваемые реляционные базы данных;

$S_{Si}^4$  – реляционные базы данных с поддержкой горизонтальной масштабируемости;

$S_{Si}^5$  – колонко-ориентированные реляционные базы данных;

$S_{Si}^6$  – объектно-реляционные базы данных;

$S_{Si}^7$  – гибридные реляционные базы данных.

NoSQL базы данных включают  $N_{Si} = \{N_{Si}^1, N_{Si}^2, N_{Si}^3, N_{Si}^4, N_{Si}^5, N_{Si}^6, N_{Si}^7\}$ , где:

$N_{Si}^1$  – документо-ориентированные базы данных;

$N_{Si}^2$  – ключ-значение базы данных;

$N_{Si}^3$  – колонко-ориентированные базы данных;

$N_{Si}^4$  – графовые базы данных;

$N_{Si}^5$  – многомодельные базы данных;

$N_{Si}^6$  – In-Memory базы данных;

$N_{Si}^7$  – NewSQL реляционные базы данных.

Файловое хранилище включает  $D_{f_{Si}} = \{D_{f_{Si}}^1, D_{f_{Si}}^2, D_{f_{Si}}^3, D_{f_{Si}}^4, D_{f_{Si}}^5, D_{f_{Si}}^6, D_{f_{Si}}^7, D_{f_{Si}}^8, D_{f_{Si}}^9, D_{f_{Si}}^{10}, D_{f_{Si}}^{11}, D_{f_{Si}}^{12}, D_{f_{Si}}^{13}, D_{f_{Si}}^{14}\}$ , где:  $D_{f_{Si}}^1$  – swap файловая система;  $D_{f_{Si}}^2$  – UFS;  $D_{f_{Si}}^3$  – JFS;  $D_{f_{Si}}^4$  – F2FS;  $D_{f_{Si}}^5$  – ZFS;  $D_{f_{Si}}^6$  – ReizerFS;  $D_{f_{Si}}^7$  – Btrfs;  $D_{f_{Si}}^8$  – XFS;  $D_{f_{Si}}^9$  – ext;  $D_{f_{Si}}^{10}$  – APFS;  $D_{f_{Si}}^{11}$  – HFS+;  $D_{f_{Si}}^{12}$  – NTFS;  $D_{f_{Si}}^{13}$  – exFAT;  $D_{f_{Si}}^{14}$  – FAT.

$MN = \langle D_{MN}, S_{MN}, M_{MN}, R_{MN}, V_{MN}, Mk_{MN}, Z_{MN}, G_{MN} \rangle$  – кортеж параметров, описывающий основные характеристики методов сбора данных об антропогенных и природных факторах:

$D_{MN}$  – социальные и экономические данные;

$S_{MN}$  – датчики;

$M_{MN}$  – мобильные лаборатории;

$R_{MN}$  – исследование качества воды, почвы;

$V_{MN}$  – сейсмические наблюдения;

$Mk_{MN}$  – картографирование и анализ данных;

$Z_{MN}$  – дистанционное зондирование;

$G_{MN}$  – гравиметрические и магнитометрические исследования.

Дистанционное зондирование включает  $Z_{MN} = \{Z_{MN}^1, Z_{MN}^2, Z_{MN}^3, Z_{MN}^4, Z_{MN}^5, Z_{MN}^6\}$ , где:

$Z_{MN}^1$  – оптическое дистанционное зондирование;

$Z_{MN}^2$  – инфракрасное зондирование;

$Z_{MN}^3$  – микроволновое дистанционное зондирование;

$Z_{MN}^4$  – радиолокационное зондирование;

$Z_{MN}^5$  – атмосферное звуковое зондирование;

$Z_{MN}^6$  – гиперспектральное зондирование.

$A = \langle C_A, L_A, K_A, P_A, D_A \rangle$  – кортеж параметров, описывающий основные характеристики архитектуры хранения данных:

$C_A$  – централизованная архитектура;

$L_A$  – Lambda архитектура;

$K_A$  – Карра архитектура;

$P_A$  – полиглотное хранение;

$D_A$  – архитектура Озера данных.

Концептуальная модель задачи синтеза системы сбора и хранения данных из разнородных источников для прогнозирования возникновения лесных пожаров представлена на рис. 1.

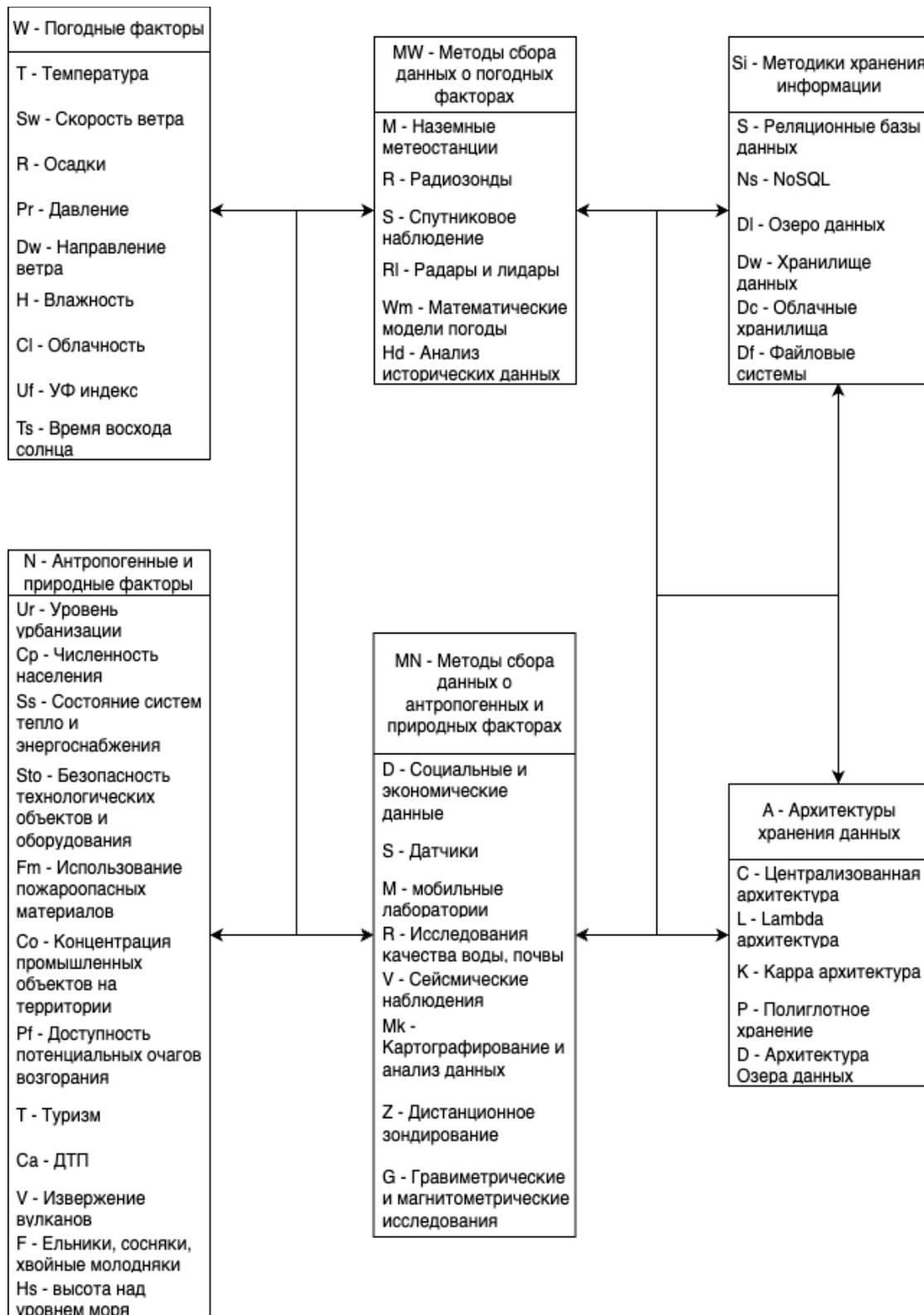


Рис. 1. Концептуальная модель задачи синтеза системы сбора и хранения данных из разнородных источников для прогнозирования возникновения лесных пожаров  
 Fig. 1. Conceptual model of the problem of synthesizing a system for collecting and storing data from heterogeneous sources to predict the occurrence of forest fires

## Заключение

В ходе исследования была рассмотрена проблема выбора методов получения и хранения данных из разнородных источников для прогнозирования возникновения лесных пожаров. Выявлено, что точные прогнозы зависят от интеграции различных факторов, включая погодные условия и антропогенные факторы. Погодные факторы, такие как температура, влажность и скорость ветра, играют решающую роль в оценке риска возгорания, в то время как антропогенные факторы, включая уровень урбанизации и концентрацию промышленных объектов, существенно увеличивают вероятность возникновения лесных пожаров.

Также были представлены различные методы сбора данных, такие как наземные метеостанции, спутниковые наблюдения и системы дистанционного зондирования, которые обеспечивают разнообразие источников информации для более точного анализа условий, способствующих пожарам. Методики хранения данных, включая реляционные базы данных, NoSQL и озера данных, позволяют эффективно организовывать и обрабатывать большие объемы информации, что является необходимым условием для успешного прогнозирования.

Актуальность разработки интегрированной системы сбора, хранения и анализа данных для прогнозирования лесных пожаров становится все более очевидной в свете увеличения частоты и масштабов лесных пожаров. Разработка эффективных подходов к управлению данными, а также выбор оптимальных методик хранения и архитектур хранения, позволяют повысить точность прогнозов и улучшить реакцию на потенциальные угрозы [Dubrovskaya et al, 2020].

В дальнейшем исследования должны сосредоточиться на оптимизации существующих методик и технологий, а также на разработке новых алгоритмов и моделей, способных учитывать все разнообразие факторов, влияющих на возникновение лесных пожаров. Применение современных технологий, таких как машинное обучение и аналитика больших данных, может значительно повысить эффективность систем мониторинга и управления лесопожарной безопасностью.

Таким образом, успешная интеграция данных из различных источников и применение передовых методик их обработки и хранения являются ключевыми элементами в борьбе с лесными пожарами и повышении общей безопасности лесных экосистем.

## Список литературы

- Андреев Ю.А. 1991. Влияние антропогенных факторов на возникновение лесных пожаров (на примере Красноярского Приангарья): специальность 06.03.03 «Агроресомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними» автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Красноярск, 22 с.
- Иванов С.А. 2024. Модель экспертной системы прогнозирования лесных пожаров на основе байесовской сети доверия. Информационные технологии. 30(3): 124–132.
- Меньшиков Я.С. 2022. Преимущества автоматического сбора данных в сети Интернет над ручным сбором данных. Universum: технические науки. 10-1(103): 33–36.
- Меньшикова Л.В., Найденова Д.М. 2024. Обзор изменений языка структурированных запросов SQL к реляционным базам данных: от SQL-2003 до SQL-2023. Эволюционные процессы информационных технологий: Сборник научных статей 9-й Международной научно-технической конференции, Москва, 04 марта 2024 года. Москва: Институт гуманитарных наук, экономики и информационных наук. 303–312.
- Мокрозуб В.Г. 2015. Структура базы данных для хранения спецификаций изделий с взаимозаменяемыми элементами. Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XV международной научно-методической конференции, Воронеж, 12–13 февраля 2015 года. Том 3. Воронеж: Воронежский государственный университет, 332–336.
- Сафонова Н.Л., Дробушко А.Г. 2016. ГИС-технологии для прогнозирования лесных пожаров.



- Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 1-2(5): 38–40.
- Станкевич Т.С. 2018. Применение сверточных нейронных сетей для решения задачи оперативного прогнозирования динамики распространения лесных пожаров. Бизнес-информатика. 4(46): 17–27.
- Туркин С.М., Иванов С.А. 2024. Анализ методов получения данных из разнородных источников для оценки уровня пожароопасности лесного массива. Информационные системы и технологии: теория и практика: Сборник научных трудов. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. 164–173.
- Adriana J., Holanda M. 2018. NoSQL2: SQL to NoSQL databases. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 746: 938–948. DOI 10.1007/978-3-319-77712-2\_89.
- Dubrovskaya O.A., Kostornaya A.A., Solovyeva I.A. et al. 2020. Analysis of the meteorological situation during period of forest fires and smoke-blanketing monitoring in Siberia in 2019. *Sovremennye Problemy Distantionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*. 17(6): 25–29.
- Silva F.R. et al. 2017. Assessment of crown fire initiation and spread models in Mediterranean conifer forests by using data from field and laboratory experiments. *Forest Systems*. 26(2) [Электронный ресурс]: <http://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/10652> (дата обращения 02.10.2024).

### References

- Andreev Yu.A. 1991. The influence of anthropogenic factors on the occurrence of forest fires (on the example of the Krasnoyarsk Angara region): specialty 06.03.03 "Agroforestry, protective afforestation and landscaping of settlements, forest fires and their control": abstract of the dissertation for the degree of Candidate of agricultural Sciences. Krasnoyarsk, 22 p (in Russian).
- Ivanov S.A. 2024. Model of an expert system for forecasting forest fires based on a Bayesian network of trust. *Information technologies*. 30(3): 124–132 (in Russian).
- Menshikov Ya.S. 2022. Advantages of automatic data collection on the Internet over manual data collection. *Universum: technical Sciences*. 10-1(103): 33–36 (in Russian).
- Menshikova L.V., Naidenova D.M. 2024. Overview of changes in the structured SQL query language for relational databases: from SQL-2003 to SQL-2023. Evolutionary processes of information technologies: Collection of scientific articles of the 9th International Scientific and Technical Conference, Moscow, March 04, 2024. Moscow: Institute of Humanities, Economics and Information Sciences, 303–312 (in Russian).
- Mokrozub V.G. 2015. Database structure for storing specifications of products with interchangeable elements. *Informatics: problems, methodology, technologies: materials of the XV International Scientific and Methodological Conference, Voronezh, February 12-13, 2015. Volume 3. Voronezh: Voronezh State University*, 332–336 (in Russian).
- Safonova N.L., Drobushko A.G. 2016. GIS technologies for forecasting forest fires. Problems of ensuring safety in the aftermath of emergencies. 1-2(5): 38–40 (in Russian).
- Stankevich T.S. 2018. The use of convolutional neural networks to solve the problem of operational forecasting of the dynamics of the spread of forest fires. *Business Informatics*. 4(46): 17–27 (in Russian).
- Turkin S.M., Ivanov S.A. 2024. Analysis of methods for obtaining data from heterogeneous sources to assess the level of forest fire hazard. *Information systems and technologies: theory and practice: Collection of scientific papers*. St. Petersburg: St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov, 164–173 (in Russian).
- Adriana J., Holanda M. 2018. NoSQL2: SQL to NoSQL databases. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 746: 938–948. DOI 10.1007/978-3-319-77712-2\_89.
- Dubrovskaya O.A., Kostornaya A.A., Solovyeva I.A. et al. 2020. Analysis of the meteorological situation during period of forest fires and smoke-blanketing monitoring in Siberia in 2019. *Sovremennye Problemy Distantionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*. 17(6): 25–29.
- Silva F.R. et al. 2017. Assessment of crown fire initiation and spread models in Mediterranean conifer forests by using data from field and laboratory experiments. *Forest Systems*. 26(2) [Electronic resource]: <http://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/10652> (accessed 02.10.2024).

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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



Поступила в редакцию 20.10.2024

Поступила после рецензирования 25.11.2024

Принята к публикации 05.12.2024

Received October 20, 2024

Revised November 25, 2024

Accepted December 05, 2024

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Туркин Сергей Михайлович**, аспирант 2-го года обучения, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

**Иванов Сергей Александрович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Sergey M. Turkin**, 2nd year Postgraduate student, Saint-Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russia

**Sergey A. Ivanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Saint-Petersburg State Forest Technical University St. Petersburg, Russia



УДК 004.94; 303.732  
DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-936-945

## Сравнение нотаций DFD, IDEF0, IDEF3, EPC и BPMN с нотацией УФО-анализа

<sup>1</sup> Зимовец О.А., <sup>2</sup> Малкуш Е.В., <sup>2</sup> Маторин С.И., <sup>2</sup> Корсунов Н.И.

<sup>1</sup> ООО «Научно-производственное объединение “Технологии надежности”»  
Россия, 308033, г. Белгород, ул. Королева, 2А

<sup>2</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: ozimovets@mail.ru, malkush@bsu.edu.ru, matorin@bsu.edu.ru

**Аннотация.** В работе исследуются нотации (нормативные системы), реализующие графоаналитические методы системного анализа и используемые для описания деловых и технологических процессов. Показано, что при изменении целей моделирования, квалификации исполнителей, уточнении предметной области может возникать необходимость перехода от одной нотации к другой или же преобразования исходной модели. Несмотря на то, что такая задача обсуждается специалистами, практически отсутствуют исследования по переходу от одной нотации моделирования предметной области к другой или же по их преобразованию. Целью данного исследования является сопоставление нотаций семейства IDEF, DFD, EPC, BPMN с нотацией УФО-анализа для обоснования возможности эмулировать упомянутую группу нотаций средствами системно-объектного подхода. Полученные результаты позволят разработать библиотеки и алгоритмы преобразования графических моделей из одной нотации в другую, за счет использования универсальной нотации УФО-анализа.

**Ключевые слова:** методы системного анализа, графоаналитические нотации, модели процессов, системно-объектный подход, УФО-анализ

**Для цитирования:** Зимовец О.А., Малкуш Е.В., Маторин С.И., Корсунов Н.И. 2024. Сравнение нотаций DFD, IDEF0, IDEF3, EPC и BPMN с нотацией УФО-анализа. Экономика. Информатика, 51(4): 936–945. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-936-945

## Comparison of DFD, IDEF0, IDEF3, EPC and BPMN Notations with UFO-analysis Notation

<sup>1</sup> Olga A. Zimovets, <sup>2</sup> Elena V. Malkush, <sup>2</sup> Sergey I. Matorin, <sup>2</sup> Nikolay I. Korsunov

<sup>1</sup> Scientific and Production Association “Reliability Technologies”  
2A Korolev St, Belgorod 308033, Russia

<sup>2</sup> Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia  
E-mail: ozimovets@mail.ru, malkush@bsu.edu.ru, matorin@bsu.edu.ru

**Abstract.** The paper examines notations (normative systems) that implement graph-analytical methods of system analysis and are used to describe business and technological processes. It shows that when the modeling goals or performers' qualification is changed, or when the subject area is specified, it may be necessary to switch from one notation to another, or to transform the original model. Though the problem is discussed by specialists, there are practically no studies on the transition from one notation of modeling a subject area to another, or on their transformation. The purpose of this study is to compare the notations of the IDEF, DFD, EPC, BPMN family with the UFO analysis notation to substantiate the possibility of emulating the above-mentioned group of notations by means of the system-object approach. The obtained results will allow developing libraries and algorithms for converting graphic models from one notation to another, due to the use of the universal UFO analysis notation.

**Keywords:** methods of system analysis, graph-analytic notations, process models, system-object approach, UFO analysis

**For citation:** Zimovets O.A., Malkush E.V., Matorin S.I., Korsunov N.I. 2024. Comparison of DFD, IDEF0, IDEF3, EPC and BPMN Notations with UFO-analysis Notation. Economics. Information technologies, 51(4): 936–945 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-936-945

## Введение

Для описания организационно-деловых и производственно-технологических процессов (моделирования деятельности организаций) применяются методы системного анализа в виде графоаналитических нотаций, которые для построения моделей используют заданные наборы абстрактных символов (алфавит) и правила оперирования с ними, т. е. представляют собой формальные нормативные системы. Примерами таких нотаций являются нотации семейства IDEF, DFD, EPC, BPMN и т. д. Каждая из нотаций обладает множеством положительных и отрицательных свойств и, кроме того, существует множество различных мнений, оценок той или иной графической нотации описания бизнес-процессов. В результате этого при построении моделей процессов в данных нотациях часто возникает необходимость перехода с одной нотации на другую или вообще изменение нотации моделирования, что обусловлено изменением целей моделирования, квалификации аналитиков и уточнением особенностей предметной области [Аксенова и др., 2013; Быков, 2016; Дубейковский, 2009; Маклаков, 2004].

Однако практически нет работ по переходу от одной нотации моделирования предметной области к другой или по преобразованию одной нотации в другую, хотя такая задача обсуждается специалистами [Матвеев и др., 2016]. Таким образом, актуальным является создание методов и средств преобразования различных графических нотаций, в результате которых одна модель логично переходила бы в модель, написанную в другой нотации.

По мнению авторов, названная задача может быть решена путем использования нотации, с помощью которой можно было бы эмулировать другие нотации. Т. е. модели в этой нотации должны и по виду, и по своим свойствам соответствовать другим нотациям. Такую нотацию (нормативную систему) предоставляет относительно новый системно-объектный подход, где система представлена как конструкция, объединяющая три системных аспекта: структурный, функциональный и субстанциальный [Маторин и др., 2021].

В данной статье рассматривается и обосновывается возможность нормативной системы (нотации) системно-объектного подхода эмулировать другие нотации.

## Нормативная система системно-объектного подхода (УФО-подхода)

Система в рамках системно-объектного подхода описывается как элемент «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемент) [Маторин и др., 2021], где:

1. **Узел – структурный элемент** надсистемы в виде перекрестка связей (потоков передаваемых элементов) системы с другими системами в этой надсистеме;

2. **Функция – функциональный элемент**, выполняющий определенную роль для поддержания надсистемы путем балансирования данного узла (преобразования входных потоков в выходные);

3. **Объект – субстанциальный элемент**, реализующий данную функцию в виде некоторого материального образования, обладающего конструктивными, эксплуатационными и т. д. характеристиками.

Связи, как потоки элементов, классифицируются по содержанию на «Материальные связи» и «Информационные связи» и далее на категории: «Вещественные связи (V)», «Энергетические связи (E)» и «Связи по данным (D)», «Связи по управлению (C)».

Узел системы, по сути, описывает *внешнюю детерминанту системы* [Мельников, 1978], представляющую собой функциональный запрос надсистемы на систему с определенной

функцией (обусловливание функции системы функцией надсистемы); функция системы является *внутренней детерминантой системы* [Мельников,1978], определяющей функциональные требования к ее подсистемам; а объект представляет саму систему, функционирующую под влиянием функционального запроса.

Графоаналитическая нотация моделирования, основанная на системно-объектном подходе (системно-объектный УФО-подход), также представляет собой нормативную систему, определения элементов алфавита которой, а также правила манипулирования алфавитными символами и операции с ними, приведены в работе [Маторин и др., 2021].

### Сравнение нормативной системы УФО-подхода с другими нотациями

Сравним нормативную систему (нотацию) УФО-подхода с перечисленными в заголовке статьи нормативными системами (нотациями) с целью обоснования возможности эмулировать эти нормативные системы УФО-нотацией.

#### Сравнение элементов нормативных систем DFD и УФО-подхода

Соответствие между графическими элементами DFD-нотации [Дубейковский, 2009; Маклаков, 2004] и нотации УФО-подхода показано в табл. 1.

Таблица 1  
Table 1

Соответствие элементов нормативных систем DFD и УФО-подхода  
 Correspondence of elements of DFD normative system to those of UFO approach

Элементы нормативной системы DFD	Элементы нормативной системы УФО-подхода	Название элемента и комментарий
		<b>Поток данных</b> Прямое соответствие элемента УФО-нотации элементу DFD-нотации
		<b>Процесс</b> Прямое соответствие элемента УФО-нотации элементу DFD-нотации
		<b>Хранилище (накопитель) данных</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу DFD-нотации, если у первого определены узел, функция хранения и объект как хранилище определенного вида
		<b>Внешняя сущность (терминатор)</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу DFD-нотации, если у первого определены узел, функция и объект с наименованием внешней сущности

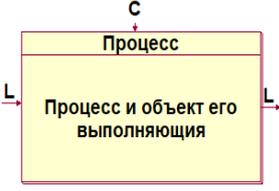
В данном случае возможность эмулировать УФО-нотацией DFD-нотацию совершенно очевидна. УФО-элемент, определенный на функциональном уровне, соответствует «Процессу» в DFD. Специфическому элементу DFD-нотации «Хранилище» соответствует УФО-элемент, определенный как объект, реализующий функцию хранения. Другой специфический элемент DFD-нотации «Внешняя сущность» может быть представлен на контекстной диаграмме УФО-элементом, определенным как на уровне узла, так и на уровне функции или даже объекта. В последнем случае это визуально будет соответствовать изображению внешней сущности в пакете VPwin.

### Сравнение элементов нормативных систем IDEF0 и УФО-подхода

Соответствие между графическими элементами IDEF0-нотации [Дубейковский, 2009; Маклаков, 2004] и нотации УФО-подхода показано в табл. 2.

Таблица 2  
Table 2

Соответствие элементов нормативных систем IDEF0 и УФО-подхода  
 Correspondence of elements of IDEF0 normative system to those of UFO approach

Элементы нормативной системы IDEF0	Элементы нормативной системы УФО-подхода	Название элемента и комментарий
		<b>Функциональный блок (процесс)</b> Прямое соответствие элемента УФО-нотации элементу IDEF0-нотации
		<b>Связь/Поток</b> Прямое соответствие элемента УФО-нотации элементу IDEF0-нотации
		<b>Функциональный блок (процесс) со связями</b> В УФО- нотации нет ограничений на использование сторон УФО-элемента. Поэтому требования IDEF0-нотации выполнимы. Связь по управлению входит в нормативную систему УФО-подхода

Специфика IDEF0-нотации (в отличие от DFD-нотации) состоит в том, что кроме входных и выходных связей введены связи «Управление» и «Механизм» и определены правила присоединения их к функциональному блоку (процессу). Данная специфика может быть реализована в нотации УФО-подхода путем замены функционального блока IDEF0-нотации УФО-элементом, который определен до уровня объекта, исполняющего процесс, соответствующий этому блоку. Определение объекта соответствует определению связи «Механизм». «Связь по управлению (С)» в нотации УФО-подхода соответствует связи «Управление» в IDEF0. Соблюдение правил присоединения IDEF0-нотации в нотации УФО-подхода не вызывает никаких проблем.

### Сравнение элементов нормативных систем IDEF3 и УФО-подхода

Соответствие между графическими элементами IDEF3-нотации [Дубейковский, 2009; Маклаков, 2004] и нотации УФО-подхода показано в табл. 3.

Основной особенностью IDEF3-нотации является использование перекрестков слияния и разветвления потоков, выполняющих определенные логические операции. В нотации УФО-подхода для эмуляции этих перекрестков достаточно дополнить нормативную систему УФО-элементами с predetermined analogous logical functions. Данная возможность обеспечивается абстрактностью и универсальностью понятия «Узел-Функция-Объект», так как имеется возможность определить для узла необходимую функциональную или объектную характеристику.

### Сравнение элементов нормативных систем EPC и УФО-анализа

Соответствие между графическими элементами EPC-нотации [Быков, 2016; Репин] и нотации УФО-анализа показано в табл. 4.

Таблица 3  
 Table 3

Соответствие элементов нормативных систем IDEF3 и УФО-подхода  
 Correspondence of elements of IDEF3 normative system to those of UFO approach

Элементы нормативной системы IDEF3	Элементы нормативной системы УФО-подхода	Название элемента и комментарий
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px; text-align: center;">«ИМЯ»</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">«номер»</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px; text-align: center;">Номер</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Имя</div>	<b>Процесс</b> Прямое соответствие элемента УФО-нотации элементу IDEF3-нотации
		<b>Связь как передача управления</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого указано имя: «Передача управления»
		<b>Связь как поток объектов</b> Прямое соответствие элемента УФО-нотации элементу IDEF3-нотации
		<b>Асинхронный перекресток «И».</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определена логическая функция «И» со свойством асинхронности
		<b>Синхронный перекресток «И».</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определена логическая функция «И» со свойством синхронности
		<b>Асинхронный перекресток «ИЛИ».</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определена логическая функция «ИЛИ» со свойством асинхронности
		<b>Синхронный перекресток «ИЛИ».</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определена логическая функция «ИЛИ» со свойством синхронности
		<b>Перекресток «исключительное или».</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определена логическая функция «Исключительного ИЛИ»

Так как в ЕРС-нотации специфический элемент «Событие» используется и как причина каких-либо действий, и как их следствие, то можно поставить ему в соответствие два УФО-элемента УФО-нотации. Один УФО-элемент, определенный только как узел, будет обозначать «Событие-причину», а второй УФО-элемент, определенный до уровня объекта – «Событие-следствие» (см. интерпретацию УФО в работе [Маторин и др., 2021]).

Логические операторы ЕРС-нотации эмулируются УФО-элементами так же, как и для IDEF3-нотации, но без учета синхронности и асинхронности.

Таблица 4  
 Table 4

Соответствие элементов нормативных систем ЕРС и УФО-анализа  
 Correspondence of elements of EPC normative system to those of UFO approach

Элементы нормативной системы ЕРС	Элементы нормативной системы УФО-подхода	Название элемента и комментарий
1	2	3
		<b>Функция</b> Прямое соответствие элемента УФО-нотации элементу ЕРС-нотации
		<b>Стрелка</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу ЕРС-нотации, если у первого указано имя: «Передача управления»
		<b>Событие</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу ЕРС-нотации заданием УФО-элемента, определенного как узел с указанием причины последующего процесса, или как узел, функция и объект с указанием последствий предшествующего процесса (см. примеры интерпретаций УФО в работе [Маторин и др., 2021])
		<b>Оператор «И»</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определена логическая функция «И»
		<b>Оператор «ИЛИ»</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определена логическая функция «ИЛИ»
		<b>Оператор «исключительное или»</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определена логическая функция «Исключительное ИЛИ»
		<b>Интерфейс</b> Элементу ЕРС-нотации соответствует УФО-элемент, определенный как узел и функция с описанием, что он внешний
		<b>Субъект</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу ЕРС-нотации, если у первого определены узел, функция и объект с описанием организационной единицы

Окончание табл. 4  
 End of the table 4

1	2	3
		<b>Документ</b> Элемент УФО-нотации соответствует элементу ЕРС-нотации, если у первого определены узел, функция и объект с именем документа
		<b>Товарно-материальные ценности</b> Элементу ЕРС-нотации соответствует материальная связь/поток, входящая в нормативную систему УФО-анализа
		<b>Информация</b> Элементу ЕРС-нотации соответствует информационная связь/поток, входящая в нормативную систему УФО-анализа

«Интерфейсу» ЕРС-нотации можно поставить в соответствие специальный УФО-элемент, определенный до уровня функции, указав в его описании, что он внешний.

«Субъекту» ЕРС-нотации можно поставить в соответствие специальный УФО-элемент, определенный до уровня объекта, указав имя организационной единицы как того требует ЕРС-нотация.

«Документу» ЕРС-нотации можно поставить в соответствие специальный УФО-элемент, определенный до уровня объекта, указав имя документа как того требует ЕРС-нотация.

Элементам «ТМЦ» и «Информация» ЕРС-нотации можно поставить в соответствие материальные и информационные связи из классификации связей нормативной системы УФО-подхода, так как это потоки, сопровождающие выполнение функций.

### **Сравнение элементов нормативных систем BPMN и УФО-подхода**

Соответствие между графическими элементами BPMN-нотации [Быков, 2016; Нежелская; Практический курс BPMN] и нотации УФО-подхода показано в табл. 7.

Нотация УФО-подхода позволяет строить иерархические модели на два и более уровней иерархии. Таким образом, элементу BPMN-нотации «Действие» естественным образом соответствует УФО-элемент, определенный до уровня функции, с названием «Подпроцесс» и декомпозицией на «Задачи», представляющие собой подпроцессы подпроцесса.

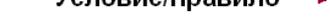
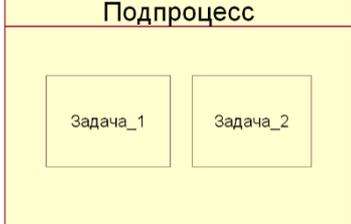
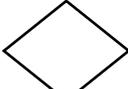
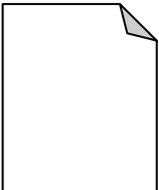
Все события в BPMN-нотации представляют собой потоки информации (по данным или по управлению), поэтому вместо знаков для их обозначения (маркеров/триггеров) в нотации УФО-подхода можно использовать информационные связи/потоки, предварительно добавленные в классификацию связей. Как известно, чем больше используется значков в нормативной системе, тем сложнее ее изучать, применять и затем понимать построенные с ее помощью модели.

Шлюзы, позаимствованные разработчиками BPMN из IDEF3, эмулируются УФО-элементами нотации УФО-подхода естественно также, как и в случае с IDEF3, но без учета синхронности и асинхронности.

Элемент «Объект данных» в BPMN-нотации, обеспечивающий ввод информации о том, какие действия требуют выполнения, соответствует в нотации УФО-подхода элементу «Связь по данным».

Таблица 5  
 Table 5

Соответствие элементов нормативных систем BPMN и УФО-подхода  
 Correspondence of elements of BPMN normative system to those of UFO approach

Элементы нормативной системы BPMN	Элементы нормативной системы УФО-подхода	Название элемента и комментарий
 <p><b>Маркеры (триггеры) событий:</b>                      -сообщение,                      -таймер,                      -ошибка,                      -отмена,                      -компенсация,                      -условие\правило,                      -сигнал</p>	 <p><b>Сообщение</b></p>  <p><b>Таймер</b></p>  <p><b>Ошибка</b></p>  <p><b>Отмена</b></p>  <p><b>Компенсация</b></p>  <p><b>Условие/правило</b></p>  <p><b>Сигнал</b></p>	<p><b>Событие (Event)</b>                      Элементу BPMN-нотации соответствует информационная связь/поток, которая может быть добавлена в классификацию связей нормативной системы УФО-анализа. Например:                      Связь по данным (D): Сообщение, Ошибка, Сигнал.                      Связь по управлению (C): Таймер, Отмена, Компенсация, Условие/правило</p>
 <p>Подпроцесс</p> <p>Задача 1    Задача 2</p>	 <p>Подпроцесс</p> <p>Задача_1    Задача_2</p>	<p><b>Действие (Activity)</b>                      Элемент УФО-нотации соответствует элементу EPC-нотации, если у первого определены узел и функция с именем «Подпроцесс». Декомпозиция этого УФО-элемента содержит УФО-элементы, определенные как узел и функция с названием задач</p>
 <p><b>Типы шлюзов:</b>                      -Эксклюзивные ИЛИ (XOR);                      -ИЛИ (OR);                      -Комплексные (Complex);                      -И (AND).</p>	 <p><b>И</b></p>  <p><b>ИЛИ</b></p>  <p><b>X</b></p>  <p><b>Ком</b></p>	<p><b>Шлюз (Gateway)</b>                      Элемент УФО-нотации соответствует элементу IDEF3-нотации, если у первого определены логические функции «И», «ИЛИ», «Исключительное ИЛИ», «Комплекс»</p>
	 <p><b>СВЯЗЬ</b></p>	<p><b>Поток операций (Sequence Flow)</b>                      Элемент УФО-нотации соответствует элементу EPC-нотации, если у первого указано имя: «Передача управления»</p>
	 <p><b>СВЯЗЬ</b></p>	<p><b>Поток сообщений (Message Flow)</b>                      Элемент УФО-нотации соответствует элементу EPC-нотации, если у первого указано имя: «Сообщение»</p>
	 <p><b>D</b></p>	<p><b>Объект данных (Data Object)</b>                      Элементу BPMN-нотации соответствует информационная связь/поток, входящая в нормативную систему УФО-анализа</p>

## Заключение

Представленные выше таблицы показывают полное соответствие элементов нотации УФО-анализа элементам нотаций DFD, IDEF0, IDEF3, EPC и BPMN. Данные практически продемонстрированные факты обусловлены большей общностью, абстрактностью и универсальностью нормативной системы УФО-подхода по сравнению с нормативными системами других нотаций. Последнее же обстоятельство обусловлено тем, что перечисленные нотации разрабатывались в рамках системно-структурного и объектно-ориентированного подходов, а УФО-подхода разработан средствами более общего и абстрактного системно-объектного подхода.

Полученные результаты позволяют разработать метод и алгоритм преобразования графоаналитических моделей из одной нотации в другую, используя универсальную нотацию УФО-подхода. Для создания такого метода, в первую очередь, необходимо разработать библиотеки УФО-элементов, соответствующих другим нотациями, чем авторы и планируют заниматься в дальнейшем.

## Список литературы

- Аксенова О.П., Аксенов К.А., Антонова А.С., Смолий Е.Ф. 2013. Анализ графических нотаций для имитационного моделирования бизнес-процессов предприятия. *Современные проблемы науки и образования*. 4: 45.
- Быков С.Ю. 2016. Методы моделирования бизнес-процессов. ООО «ТЭМ консалтинг» URL: <https://new.temconsulting.ru/books/МетодыМоделированияБизнесПроцессов.pdf> (дата обращения: 01.11.2024).
- Дубейковский В.И. 2009. Эффективное моделирование с СА ERwin Process Modeler (BPwin; AllFusion Process Modeler). М.: Диалог-МИФИ, 384 с.
- Маклаков С.В. 2004. Моделирование бизнес-процессов с ALLFusion Process Modeler (BPwin 4.1). М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 240 с.
- Матвеев А.С., Руденко А.Ю., Прочухан В.В. 2016. Разработка рекомендаций перехода от нотации моделирования бизнес-процессов IDEF0 к нотации BPMN. *Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса*. №3(36): 176–182.
- Мельников Г.П. 1978. Системология и языковые аспекты кибернетики. М.: Сов. радио, 368 с.
- Нежелская М. IDEF, EPC и BPMN: как выбрать нотацию для моделирования бизнес-процессов. URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/notacii-modelirovaniya-biznes-processov> (дата обращения: 01.11.2024).
- Практический курс BPMN. «ELMA» Журнал о процессах, эффективности и управлении. URL: <https://elma365.com/ru/products/bpm> (дата обращения: 01.11.2024).
- Репин В.В. Сравнительный анализ нотаций. *ESM – Journal*. URL: <https://esm-journal.ru/material/Sravnitelnyjj-analiz-notacii> (дата обращения: 01.11.2024).
- Теория систем и системный анализ: учебник. 2021. А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцев, А.А. Кондратенко; под ред. С.И. Маторина. М.: КНОРУС, 456 с.

## References

- Aksenova O.P., Aksenov K.A., Antonova A.S., Smolij E.F. 2013. Analiz graficheskikh notacij dlya imitacionnogo modelirovaniya biznes-processov predpriyatiya [Analysis of graphical notations for the simulation of business processes of an enterprise]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 4: 45.
- Bykov S.YU. 2016. Metody modelirovaniya biznes-processov [Business process modeling methods] М.: ООО «TEM konsalting», 16 p. URL: <https://new.tem-consulting.ru/books/>
- Dubejkovskij V.I. 2009. Effektivnoe modelirovanie s SA ERwin Process Modeler (BPwin; AllFusion Process Modeler) [Efficient modeling with CA ERwin Process Modeler (BPwin; AllFusion Process Modeler)]. М.: Dialog-MIFI, 384 p.
- Maklakov S.V. 2004. Modelirovanie biznes-processov s ALLFusion Process Modeler (BPwin 4.1). [Business Process Modeling with AllFusion Process Modeler (BPwin 4.1)]. М.: Dialog-MIFI, 240 p.
- Matveev A.S., Rudenko A.YU., Prochuhan V.V. 2016. Razrabotka rekomendacij perekhoda ot notacii

modelirovaniya biznes-processov IDEF0 k notacii BPMN [Development of recommendations for the transition from IDEF0 business process modeling notation to BPMN notation]. *Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa* [Business. Education. Right. Bulletin of the Volgograd Institute of Business]. 3 (36): 176–182.

Mel'nikov G.P. 1978. *Sistemologiya i yazykovye aspekty kibernetiki* [Systemology and linguistic aspects of cybernetics]. Moskva: Sov. radio, 368 p.

Nezhel'skaya M. IDEF, EPC i BPMN: kak vybrat' notaciyu dlya modelirovaniya biznes-processov [IDEF, EPC and BPMN: how to choose a notation for business process modeling]. URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/notacii-modelirovaniya-biznes-processov>

Prakticheskij kurs BPMN [BPMN Practical Course]. «ELMA» ZHurnal o processah, effektivnosti i upravlenii ["ELMA" Journal of Processes, Efficiency and Management]. URL: [http://www.elma-bpm.ru/journal/?ELEMENT\\_ID=2900](http://www.elma-bpm.ru/journal/?ELEMENT_ID=2900).

Repin V.V. Sravnitel'nyj analiz notacij [Comparative analysis of notations]. *ESM – Jurnal*. URL: <https://ecm-journal.ru/material/Sravnitelnyjj-analiz-notacij>

Teoriya sistem i sistemnyj analiz: uchebnyj [Systems Theory and System Analysis: textbook]. 2021. S.I. Matorin, A.G. ZHiharev, O.A. Zimovec, M.F. Tubol'cev, A.A. Kondratenko edited by S.I. Matorina. M.: KNORUS, 456 p.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 07.11.2024

Поступила после рецензирования 02.12.2024

Принята к публикации 05.12.2024

Received November 07, 2024

Revised December 02, 2024

Accepted December 05, 2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Зимовец Ольга Анатольевна**, кандидат технических наук, старший бизнес-аналитик ООО «Научно-производственное объединение «Технологии надежности»» г. Белгород, Россия

**Малкуш Елена Викторовна**, аспирант кафедры информационных и робототехнических систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

**Маторин Сергей Игоревич**, доктор технических наук, профессор кафедры информационных и робототехнических систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

**Корсунов Николай Иванович**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Olga A. Zimovets**, Candidate of Technical Sciences, Senior Business Analyst, Scientific and Production Association “Reliability Technologies”, Belgorod, Russia

**Elena V. Malkush**, postgraduate student of the Department of Information and Robotic Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Sergey I. Matorin**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information and Robotic Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Nikolay I. Korsunov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of the Department of Mathematical and Software Support of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

УДК 004.891:678.01

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-946-962

## Архитектура системы анализа и управления качеством продукции тонких каландрированных материалов на базе нечётких моделей

Тедтоев А.Ч. , Макарук Р.В. , Чистякова Т.Б. 

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),  
Санкт-Петербург, Россия  
190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 24-26/49 литера А  
E-mail: [ajam88@mail.ru](mailto:ajam88@mail.ru), [makaruk\\_rv@sapr.lti-gti.ru](mailto:makaruk_rv@sapr.lti-gti.ru), [chistb@mail.ru](mailto:chistb@mail.ru)

**Аннотация.** В работе представлена автоматизированная информационная система анализа и управления показателями качества тонких каландрированных материалов (бумаги и полимерной пленки) на производстве, основанная на нечетких моделях. На высокоавтоматизированных предприятиях по производству тонких каландрированных материалов не все показатели качества продукции измеряются автоматически, в контуре управления по-прежнему присутствует оператор, оценивающий качественные показатели продукции на некоторых участках производственной линии, что делает актуальной разработку соответствующей автоматизированной системы поддержки принятия решений. Актуальность применения системы анализа и контроля качества на базе нечетких моделей обусловлена ее гибкостью, перенастраиваемостью на различные типы производств и продукции, возможностью анализировать качество продукции на ранних стадиях производства (для полимерных пленочных материалов – на стадии экструдата), а также тем, что ее применение позволит снизить время, затрачиваемое оператором на анализ качества продукции и принятие управленческих решений, что в конечном итоге может привести к снижению количества брака продукции. Результатом работы представленной системы является совет по управлению качеством продукции для производственного персонала предприятия. В работе приведен алгоритм синтеза нечетких моделей для анализа и контроля качества различных тонких каландрированных материалов. Представлен системный подход к анализу качества продукции этого класса объектов, а также определены общие признаки производств как объектов управления – технологические процессы, оборудование, сырье, управляющие воздействия и их различия. Интеграция описываемой разработки в уже существующие системы для обработки больших промышленных данных позволит производить комплексный анализ качества продукции и уменьшить влияние неполноты входных данных об объекте исследования на результаты систем оценки качества продукции, а также снизить количество брака на производстве.

**Ключевые слова:** нечеткая модель, показатель качества, потребительская характеристика, тонкий каландрированный материал, анализ промышленной продукции, контроль качества, полимерная пленка, бумажный материал, цветовая характеристика, обработка больших промышленных данных

**Для цитирования:** Тедтоев А.Ч., Макарук Р.В., Чистякова Т.Б. 2024. Архитектура системы анализа и управления качеством продукции тонких каландрированных материалов на базе нечётких моделей. Экономика. Информатика, 51(4): 946–962. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-946-962

---

## Architecture of a System for Analysis and Quality Control of Thin Calendered Products Based on Fuzzy Models

Azamat Ch. Tedtoev , Roman V. Makaruk , Tamara B. Chistyakova 

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
"St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)"  
b. 24-26/49, 1. A Moskovskij Ave, Saint-Petersburg 190013, Russia  
E-mail: [ajam88@mail.ru](mailto:ajam88@mail.ru), [makaruk\\_rv@sapr.lti-gti.ru](mailto:makaruk_rv@sapr.lti-gti.ru), [chistb@mail.ru](mailto:chistb@mail.ru)

**Abstract.** The paper presents an automated information system based on fuzzy models for analysis and control of quality indicators of thin calendered materials such as paper and polymer film at a production facility.

At highly automated enterprises for the manufacturing of thin calendered materials, not all product quality indicators are measured automatically; there is still a human operator in the control loop who evaluates product quality indicators in some areas of the production line, which makes it urgent to develop an appropriate automated decision support system. The relevance of using a system of analysis and quality control based on fuzzy models is due to its flexibility, adaptability to various types of production and products, the ability to analyze product quality at the early stages of production (for polymer film materials – at the extrudate stage), as well as the fact that its use will reduce the time spent by the operator on analyzing product quality and making management decisions, which ultimately can lead to a reduction in the number of product defects. The result of using the proposed system is advice on product quality management for the production personnel of the enterprise. The paper presents an algorithm for synthesizing fuzzy models for the analysis and quality control of various thin calendered materials. A systemic approach to analyzing the quality of products of this class of objects is presented, and the general characteristics of production facilities as control objects are identified – technological processes, equipment, raw materials, control actions and their differences. The integration of the described development into existing systems for processing large industrial data will allow for a comprehensive analysis of product quality, reduce the impact of incomplete input data about the analyzed object on the results of product quality assessment systems and decrease the number of manufacturing defects.

**Keywords:** fuzzy model, quality indicator, consumer characteristic, thin calendered material, analysis of industrial products, quality control, polymer film, paper material, color characteristic, processing of large industrial data

**For citation:** Tedtoev A.Ch., Makaruk R.V., Chistyakova T.B. 2024. Architecture of a System for Analysis and Quality Control of Thin Calendered Products Based on Fuzzy Models. Economics. Information technologies, 51(4): 946–962 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-946-962

## Введение

Крупнотоннажные производства тонких каландрированных материалов (ТКМ) – полимерных пленок и бумажной продукции, производимых методом каландрования, характеризуются большими объемами накопленных производственных данных, а также неполнотой информации о показателях качества продукции. На современных производствах количество контролируемых параметров продукции может исчисляться сотнями, однако неконтролируемых показателей – еще больше [Щербак, 2019; Чарват, 2009].

К примеру, по данным ООО «Клэкнер Пентапласт Рус», современные производства полимерных пленок являются [Колерт, 2020]:

- международными (например, 41 экструзионно-каландровая линия корпорации Klöckner Pentaplast в 9 странах мира);
- многоассортиментными (10 типов однослойных и многослойных жестких поливинилхлоридных пленок, производимых корпорацией Klöckner Pentaplast для упаковки фармацевтических препаратов);
- крупнотоннажными (~1000 кг/ч на 1 линии, ~400 тыс. тонн жесткой поливинилхлоридной пленки в год на 41 линии) и характеризуются:
  - большими объемами накопленных производственных данных (~500 тыс. значений параметров процесса на экструзионной-каландровой линии № 2 завода ООО «Клэкнер Пентапласт Рус» в Санкт-Петербурге за месяц производства);
  - большим количеством контролируемых и неконтролируемых показателей качества продукции, нелинейно связанных между собой (около 100 показателей качества и более 800 связей между ними, к примеру связь: повышение температуры валков каландра → понижение вязкости → понижение давления → повышение производительности при снижении толщины);
- неполнотой информации о показателях качества экструдата и пленки.

Важное место в определении эффективности производства занимает среднее количество брака продукции. Производства как полимерных пленок, так и бумаги являются сложными, многостадийными и многооперационными процессами. Брак на таких предприятиях – неизбежность [Манукян, 2021]. При работе бумагоделательной машины процент брака составляет в среднем 10 %, а при производстве тонких видов бумаги – доходит до 30 % (между понятиями бумага и картон отсутствует четкое разделение, но для краткости в дальнейшем будет использоваться формулировка “производство бумаги”). В зависимости от типа установки и количества этапов производства брак при изготовлении полимерных пленочных материалов может варьироваться в диапазоне от 0,5 % до 10 %.

Предприятия по производству ТКМ оснащены современными АСУ ТП, основанными на алгоритмах работы с большими данными, однако работоспособность систем анализа больших производственных данных снижается из-за неполноты входных данных о показателях качества.

Большинство ключевых показателей продукции измеряется и контролируется на производстве, однако некоторые, как, например, усадка полимерной пленки – не измеряется в силу дороговизны специализированных измерительных приборов и программного обеспечения для обработки получаемых результатов. Именно по этой причине даже на современных высокоавтоматизированных производствах ТКМ в контуре управления зачастую присутствует оператор, субъективно оценивающий качество продукции на промежуточных стадиях. В связи с этим между обнаружением отклонений показателей качества продукции от эталонных и поступлением регулирующих воздействий создается задержка, неизбежно приводящая к увеличению количества брака.

На рисунке 1 приведена схема производства полимерной пленки с участием оператора установки, контролирующего продукцию после выхода из экструдера и после каландрования.

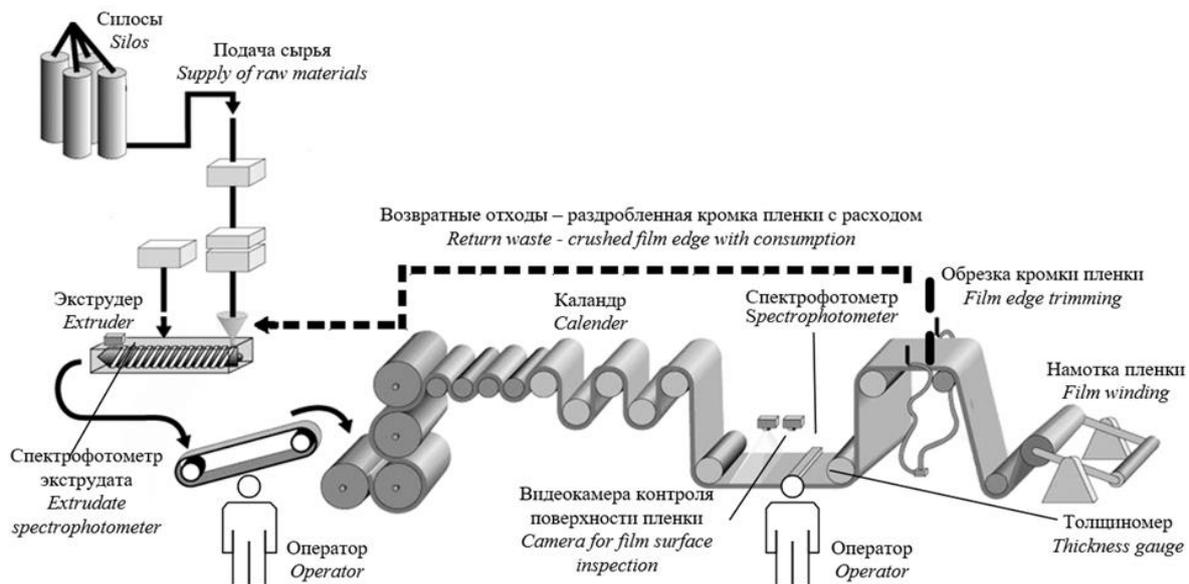


Рис. 1. Схема экструзионно-каландрового производства полимерной пленки  
Fig. 1. Scheme of extrusion-calender production of polymer film

Интеграция в системы управления качеством продукции на предприятии описываемого программного комплекса, использующего механизм нечеткой логики наряду со знаниями и оценками экспертов в предметной области, позволит решить описанные выше проблемы, минимизировав негативное влияние неполноты входных данных об анализируемой продукции, а также оказав помощь оператору линии в принятии управленческих решений [Кондрашкова и др., 1989, Гусеница и др., 2024].

## Анализ общих признаков производств ТКМ как объектов управления

Современные производства ТКМ являются многоассортиментными, энергоемкими, непрерывными, а также характеризуются множеством и сложностью связей между оборудованием, технологическими режимами и характеристиками продукции на всех стадиях [Чистякова и др., 2007; Носов, Бугров, 2013; Kohlert et al., 2015; Тетерин и др., 2017; Камаев и др., 2019; Шашихина и др., 2021].

Технологические процессы, происходящие на отдельных участках производства ТКМ, отличаются большим разнообразием физико-химических механизмов. Так, процессы подготовки и транспортировки бумажной или полимерной массы, отлива и формования – это в основном гидромеханические процессы, а для участков формования и сушки характерны процессы тепло- и массообмена.

Как правило, на производствах ТКМ применяются различные виды датчиков (измерения температуры, давления, расходов, уровня) и регуляторов, используемых вместе с современными АСУ ТП.

Многообразие процессов определяет многообразие параметров их характеризующих. Вместе с тем процессы происходят в аппаратах, особенности конструкции которых оказывают существенное влияние на ход процессов. Этим и обусловлено разнообразие средств контроля и управления процессами и аппаратами на производствах ТКМ [Манукян, 2021].

В связи со всем вышеизложенным можно заключить, что управление качеством продукции для описываемого класса объектов является сложной наукоемкой задачей. В дальнейшем для наглядности и емкости будут приводиться лишь некоторые из управляющих воздействий и показателей качества продукции, так как в реальности количество контролируемых и неконтролируемых показателей качества продукции, равно как и количество управляющих воздействий, может исчисляться десятками, а на особо крупных производствах и сотнями.

С целью формализации процесса производства продукции ТКМ была разработана упрощенная схема этого процесса, представленная на рисунке 2. Обобщенный процесс производства ТКМ включает в себя такие стадии, как: подготовка сырья (бумажной массы, полимерной смеси), обработка сырья (формирование бумажной массы, процесс пластикации полимеров), формование, термическая обработка, каландрирование, намотка.



Рис. 2. Упрощенная схема процесса производства ТКМ

Fig. 2. Simplified diagram of the TCM (thin calendered materials) production process

Наиболее сложными стадиями процесса производства ТКМ являются стадии формования (экструзии) и каландрирования.

Такое представление позволит определить контролируемые показатели качества для каждой из стадий и определить дальнейший ход разработки системы контроля качества ТКМ на базе нечетких моделей.

Одной из ключевых задач в работе является определение основных контролируемых параметров продукции, так как задача управления качеством сводится к определению оптимальных управляющих воздействий. Контролируемые показатели качества при производстве как бумаги, так и полимерной пленки различаются в зависимости от комплектации установки и типа производимой продукции. На всех крупных производствах перечень основных контролируемых показателей определяется ГОСТом и технологическим регламентом [Фляте, 1988; ГОСТ, 2018]. В рамках работы актуальным является

определение основных показателей качества продукции, контролируемых на типовых производствах ТКМ, среди которых особую значимость имеют нижеописанные [Чистякова и др., 2007; Носов, Бугров, 2013; Kohlert et al., 2015; Тетерин и др., 2017; Камаев и др., 2019; Шашихина и др., 2021]:

1. Для полимерной пленки: *количественные* – толщина, плотность, степень деструкции, температуры (валков каландра, корпуса экструдера и т. д.), скорости вращения валков каландра, лопастей экструдера, шнеков; *качественные* – цвет, блеск, степень прозрачности.

2. Для бумаги: *количественные* – объемная масса, разрывная длина по двум направлениями, влажность, толщина, плотность, зольность, проклейка, посторонние включения; *качественные* – непрозрачность, белизна (цвет), глянец.

Стоит учитывать и то, что в зависимости от типа производимой продукции список контролируемых показателей может изменяться и дополняться.

Для большей наглядности в таблице 1 приведены основные контролируемые показатели качества на производствах ТКМ.

Таблица 1  
Table 1

Основные показатели качества, контролируемые на производствах ТКМ  
 Main quality indicators controlled in TCM production

Полимерные пленки <i>Polymer films</i>	Бумага и картон <i>Paper and cardboard</i>
<b>Количественные</b> <i>Quantitative</i>	
Толщина <i>Thickness</i>	Толщина <i>Thickness</i>
Плотность <i>Density</i>	Плотность <i>Density</i>
Гладкость <i>Smoothness</i>	Гладкость <i>Smoothness</i>
Посторонние включения <i>Foreign inclusions</i>	Посторонние включения <i>Foreign inclusions</i>
Степень деструкции <i>Degree of destruction</i>	Влажность <i>Humidity</i>
<b>Качественные</b> <i>Qualitative</i>	
Цвет пленки <i>Film color</i>	Цвет (белизна) <i>Color (whiteness)</i>
Блеск <i>Gloss</i>	Блеск (Глянец) <i>Gloss</i>
Степень прозрачности <i>Degree of transparency</i>	Степень прозрачности <i>Degree of transparency</i>
Цвет экструдата <i>Extrudate color</i>	

Проведенное аналитическое исследование позволяет утверждать, что рассматриваемые объекты управления (производства ТКМ) имеют много общих черт: организация производственных линий и их техническое обеспечение, производственные процессы, технологические стадии, показатели качества продукции. Благодаря этому можно выделить общие входные и выходные показатели и управляющие воздействия и разработать первичные математические модели для управления качеством продукции – рисунок 3.

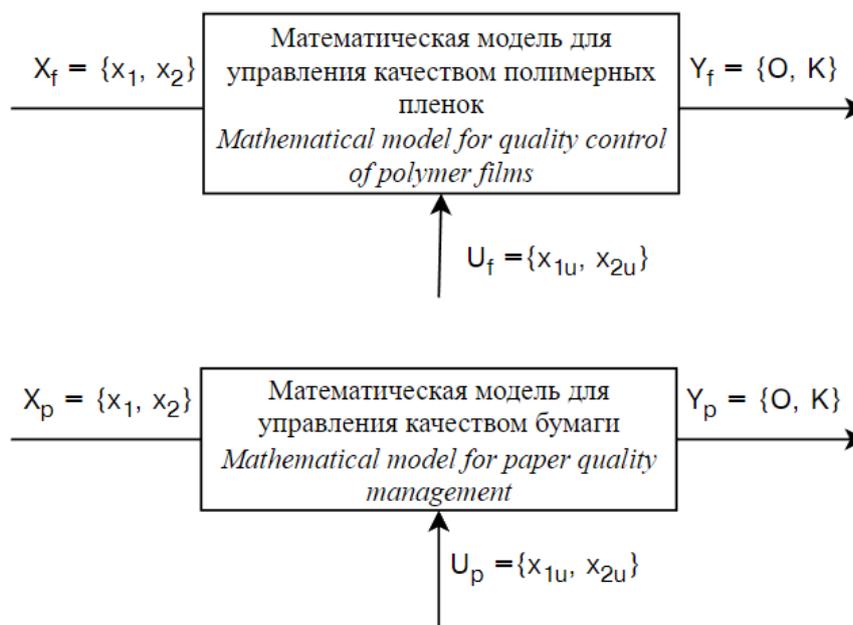


Рис. 3. Формализованное описание применения математической модели для управления качеством продукции ТКМ

Fig. 3. Formalized description of the use of a mathematical model for quality management of TCM products

Обозначения, принятые на рисунке 3:

Вектора с индексом P – относятся к производству бумаги, а с индексом F – к производству пленки.

X – вектор входных параметров математической модели:

$x_1$  – измеряемые или контролируемые показатели качества продукции. Для полимерной пленки это – толщина, плотность, гладкость, посторонние включения, поверхностные натяжения, температурные профили, степень деструкции, термическая усадка; для бумаги – толщина, плотность, гладкость, посторонние включения, жесткость при статическом изгибе, влажность, проклейка, зольность.

$x_2$  – качественные (не контролируемые автоматизировано) показатели продукции. Для полимерной пленки это – цвет, блеск, степень прозрачности; для бумаги – цвет (белизна), глянец, степень прозрачности.

U – вектор управляющих воздействий математической модели:

$x_{1u}, x_{2u}$  – воздействия, оказываемые на соответствующие регуляторы на производственной линии.

Y – вектор выходных параметров математической модели:

O – изображение образца с выделенными дефектными областями (при наличии).

K – советы по управлению качеством, основанные на экспертных знаниях и оценках и формулируемые на основе текущего состояния продукции.

Описанная выше модель управления качеством может быть сведена к выражению вида:  $Y = F(x_1, x_2, U)$ .

Исходя из схожести описываемых производств и возможности унифицировать процесс управления качеством продукции ТКМ, было разработано единое формализованное описание процесса управления качеством ТКМ – рисунок 4.

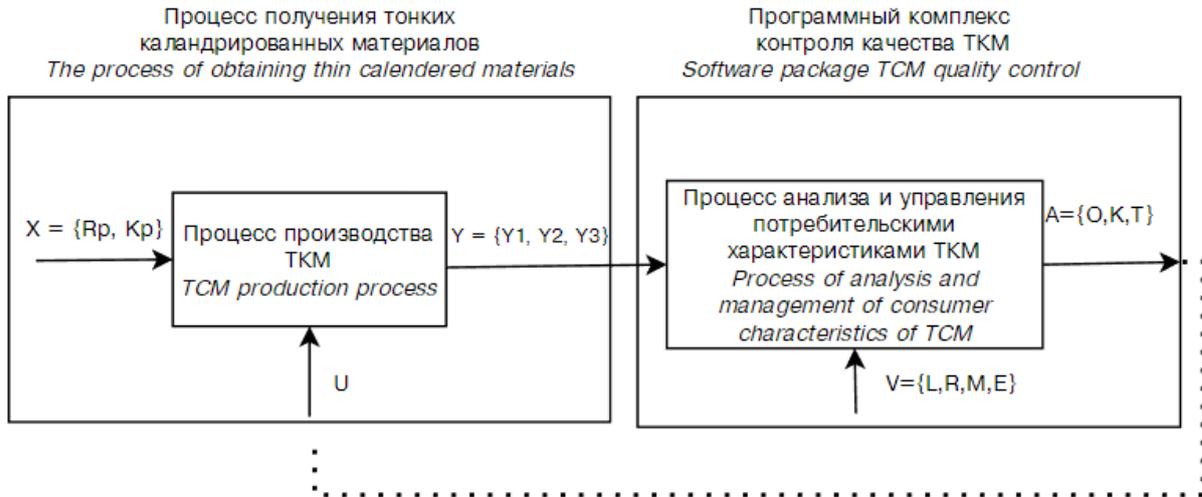


Рис. 4. Формализованное описание процесса управления качеством ТКМ  
 Fig. 4. Formalized description of the TCM quality management process

Обозначения, принятые на рисунке 4:

X – вектор входных параметров процесса производства:

$R_p$  – характеристики сырья, добавок, красителей

$K_p$  – конфигурация производственной линии (количество валков каландра, тип производимой продукции).

U – вектор варьируемых параметров производства – управляющие воздействия производства, такие как температуры и скорости вращения валков.

Y – вектор показателей качества потребительских характеристик продукции:

$y_1$  – вектор количественных показателей качества, *контролируемых* на производстве и/или *рассчитываемых* в системах контроля качества.

$y_2$  – вектор *качественных* показателей потребительских характеристик продукции.

V – вектор варьируемых параметров процесса анализа и управления потребительскими характеристиками ТКМ:

L – допустимая величина отклонения (отклонение, задаваемое термами по типу “сильно”, “не сильно”),

R – точность анализа изображения (размер анализируемой за раз области изображения в пикселях),

M – нечеткая модель (установленная модель для выбранного производства),

E – характеристики производственных правил (настраиваемые пользователем параметры производственных правил).

A – вектор выходных параметров процесса анализа и управления потребительскими характеристиками ТКМ:

O – изображение образца с выделенными дефектными областями,

K – советы по управлению качеством ТКМ при помощи изменения U.

T – тренды качества продукции.

*Задача анализа и управления* показателями качества класса объектов (ТКМ) при помощи математических и нечетких моделей заключалась в поиске регулирующих воздействий, обеспечивающих минимальные отклонения от эталонных показателей качества, их классификации при помощи нечетких моделей и выдаче советов по управлению для производственного персонала.

Для решения данной задачи были разработаны *нечеткие модели* и *программный комплекс* для анализа и управления качеством продукции ТКМ на базе нечетких моделей.

### Синтез нечетких моделей для анализа и оценки потребительских характеристик продукции

Механизм нечеткой логики уже давно применяется в различных сферах жизни общества, в том числе и в различных отраслях производств. Актуальность применения гибридных (нечетких и классических) систем неоднократно подтверждалась множеством как российских, так и зарубежных проектов, и научных трудов [Байченко и др., 2014; Kong et al., 2019; Seletkov et al., 2019; Abaei et al., 2020; Савченко и др., 2021]. Основная причина применения механизма нечеткой логики – гибкость, возможность перевести качественно оцениваемые показатели в количественные эквиваленты, а также возможность восполнить неполноту входных данных об объекте исследования или управления благодаря ядру таких систем – базе нечетких производционных правил.

При разработке системы синтеза нечетких моделей, а также тестовых нечетких моделей для анализа качества продукции ТКМ использовались экспертные оценки специалистов в области производства ТКМ и данные из специализированной литературы и технологических регламентов [Chistyakova et al., 2020; Чистякова и др., 2021; Фозилов и др., 2021;]. Разработка базы нечетких производционных правил, как и нечетких моделей, осуществлялась с использованием передовых подходов в этой области и в соответствии с рекомендациями специализированной литературы [Макарук, Гиляров, 2013; Чистякова, Полосин, 2019; Ерошкин, Поляков, 2005].

Алгоритм синтеза нечеткой модели представлен на рисунке 5.

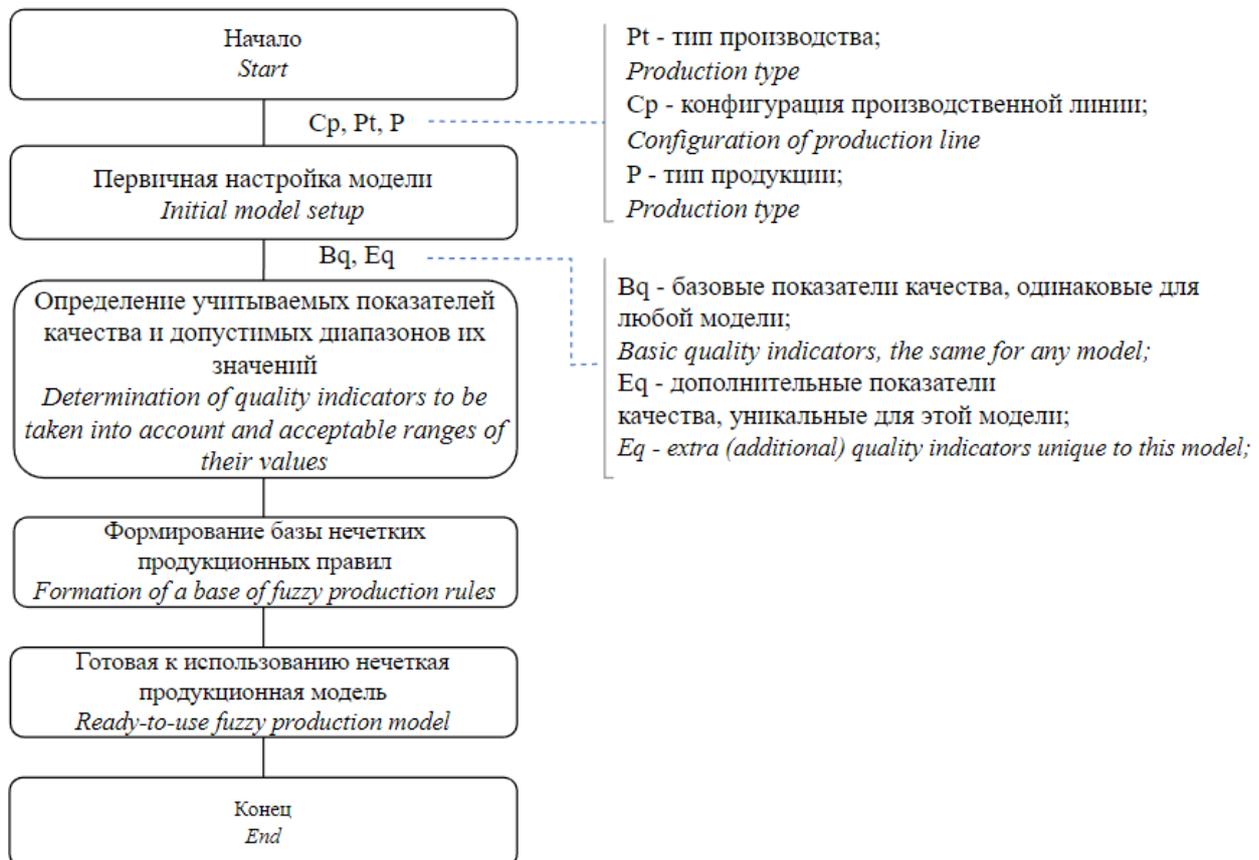


Рис. 5. Синтез нечеткой модели для конкретного типа продукции

Fig. 5. Synthesis of a fuzzy model for a specific type of product

Как видно из рис. 5, процесс формирования нечеткой модели состоит из нескольких последовательных шагов:

1. Первичная настройка модели – включает в себя заполнение шаблона модели информацией о типе производства (полимерные пленки / бумага), сведениями о конфигурации производственной линии (задаваемыми в виде заполнения таблицы сведения), а также о типе производимой продукции (рецептура; специальное название, принятое на производстве; описание);

2. Определение учитываемых показателей качества – включает в себя добавление в модель дополнительных контролируемых показателей качества, специфичных для конкретной продукции, задание допустимых диапазонов, как для базовых (основных контролируемых показателей качества, единых для любого типа продукции), так и для дополнительных показателей качества;

3. Формирование базы нечетких производственных правил – благодаря последовательному выполнению предыдущих этапов создается шаблон базы нечетких производственных правил (уникальный для данной нечеткой модели), который специалисту предстоит заполнить в соответствии с технологическим регламентом и собственными оценками. После этого нечеткая модель может быть использована для оценки качества производимой продукции.

Как было упомянуто ранее, современные производства ТКМ являются многолинейными, часто перенастраиваемыми и непрерывными. Необходимость работать с различными производственными линиями и продукцией определяет необходимость использования гибких, настраиваемых систем анализа качества. Описываемый подход к синтезу нечеткой модели позволяет подстроиться под конкретные производственные линии и тип продукции без больших временных затрат, так как нечеткие модели подготовленный специалист сможет разработать заранее, а затем потребуются лишь переключиться между ними.

Гибкость представляемого подхода достигается при помощи разделения контролируемых показателей качества на основные и дополнительные, что также позволит экономить ресурсы при разработке модели – основные контролируемые показатели качества едины для всех ожидаемых типов продукции. Такой подход стал возможным благодаря схожести производств полимерных пленочных материалов и бумаги (таблица 1).

Ядром описываемой нечеткой модели является база формализованных экспертных знаний и оценок, содержащая правила вида: Если  $x_1 = S_1(w_1)$  И  $x_2 = S_2(w_2)$  И  $x_n = S_n(w_n)$  ТО  $y = K(D)(W_T)$ .

В правилах такого вида  $x$  – входные числовые переменные,  $S$  – фиксированные значения входных переменных,  $w \in [0, 1/n]$ , где  $n$  – число фигурирующих в правиле переменных – относительный вес каждой переменной, входящей в правило,  $W_T \in [0, 1]$  – получаемый из суммы  $w$  переменных удельный вес правила, на основании которого правилам отдается приоритет при проведении анализа образца продукции,  $D$  – приоритет правила данного вида,  $K$  – совет по управлению в описываемой правилом ситуации для управленческого персонала производства. Упрощенные примеры производственных правил для оценки цветовых характеристик экструдата приведены в таблице 2.

Для анализа цветовых характеристик образца и его дальнейшего сравнения с эталоном программный комплекс преобразует параметры цветового пространства RGB в цветовую пространственную модель CIE Lab. В этой модели  $L$ ,  $a$  и  $b$  – обозначения координат системы ( $L^*$  – светлота, а  $a^*$  и  $b^*$  – координаты цветности) [Чарват, 2009]. Значение входных параметров нечеткой модели:  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta E$  – разности между соответствующими координатами эталонного и анализируемого образцов.

Также следует обратить внимание на то, что при расчете результата учитываются как количественные показатели продукции, так и качественные. Достигается это путем формализации показателей, оцениваемых качественно, при помощи алгоритмов фазсификации и дефазсификации (с применением центроидного метода) и алгоритма нечеткого вывода Мамдани.

Таблица 2  
 Table 2

Продукционные правила нечеткой модели для оценки цветовых характеристик продукции  
 Fuzzy model production rules for assessing the color characteristics of products

$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	WT	D	<b>Вывод</b> <i>Conclusion</i>
$\Delta L$ $\geq 5$	$\Delta a$ $\geq 5$	$\Delta b$ $\geq 5$	$\Delta E$ $\geq 5$	1	1	Все показатели вышли за допустимые диапазоны, проверьте корректность выбора эталонного образца. <i>All indicators are outside the acceptable ranges, check that the reference sample is selected correctly</i>
$\Delta L$ $\geq 0$	$\Delta a$ $\geq 3$	$\Delta b$ $\geq 0$	$\Delta E$ $\geq 3$	1	0.8	Зафиксировано превышение среднего значения $\Delta E$ , а также повышенное значение $\Delta a$ . Необходимо увеличить объем красного красителя и понизить температуру корпуса экструдера. <i>An excess of the average value of <math>\Delta E</math>, as well as an increased value of <math>\Delta a</math>, was recorded. It is necessary to increase the volume of red dye and lower the temperature of the extruder body.</i>

Результатом анализа показателей качества продукции является текстовая рекомендация по управлению качеством продукции.

Представленная модель была реализована в разработанном программном комплексе и протестирована на данных, взятых из специализированных источников [Щербак, 2019; Гусеница и др., 2024]. Результаты тестирования совпали с результатами, полученными в программном пакете MATLAB и с советами по управлению, описанными в специализированной литературе, что подтверждает адекватность модели. В то же время точность результатов, выдаваемых моделью, целиком зависит от тщательности заполнения базы нечетких продукционных правил, на данном этапе разработки модель выдавала корректный результат во всех тестах. Экономичность модели обусловлена отсутствием необходимости использовать стороннее платное ПО, а также низким временем расчета результатов (0,2–0,3мс). Универсальность модели определяется ее гибкостью, перенастраиваемостью на различные типы производств, продукционных линий и продукции.

Более подробно принцип формирования нечетких моделей и результаты их применения для производств ТКМ были описаны в предыдущих трудах [Tedtoev et al., 2022; Тедтоев и др., 2023].

**Архитектура системы анализа и управления качеством полимерных пленок и бумаги**

Из сложности описываемых объектов и решаемой задачи следует необходимость разработки гибридной системы, позволяющей производить анализ качества продукции с применением как детерминированных, так и нечетких моделей.

Повышение эффективности системы управления потребительскими характеристиками ТКМ достигается за счет разработанных нечетких моделей для анализа и оценки количественных и качественных показателей потребительских характеристик ТКМ и реализованного на их основе гибкого настраиваемого на различные типы производств и продукции интегрируемого программного комплекса, результатом работы которого являются советы по управлению качеством продукции для управленческого производственного персонала.

Структура разработанной системы (программного комплекса) для анализа и управления качеством ТКМ представлена на рисунке 6.

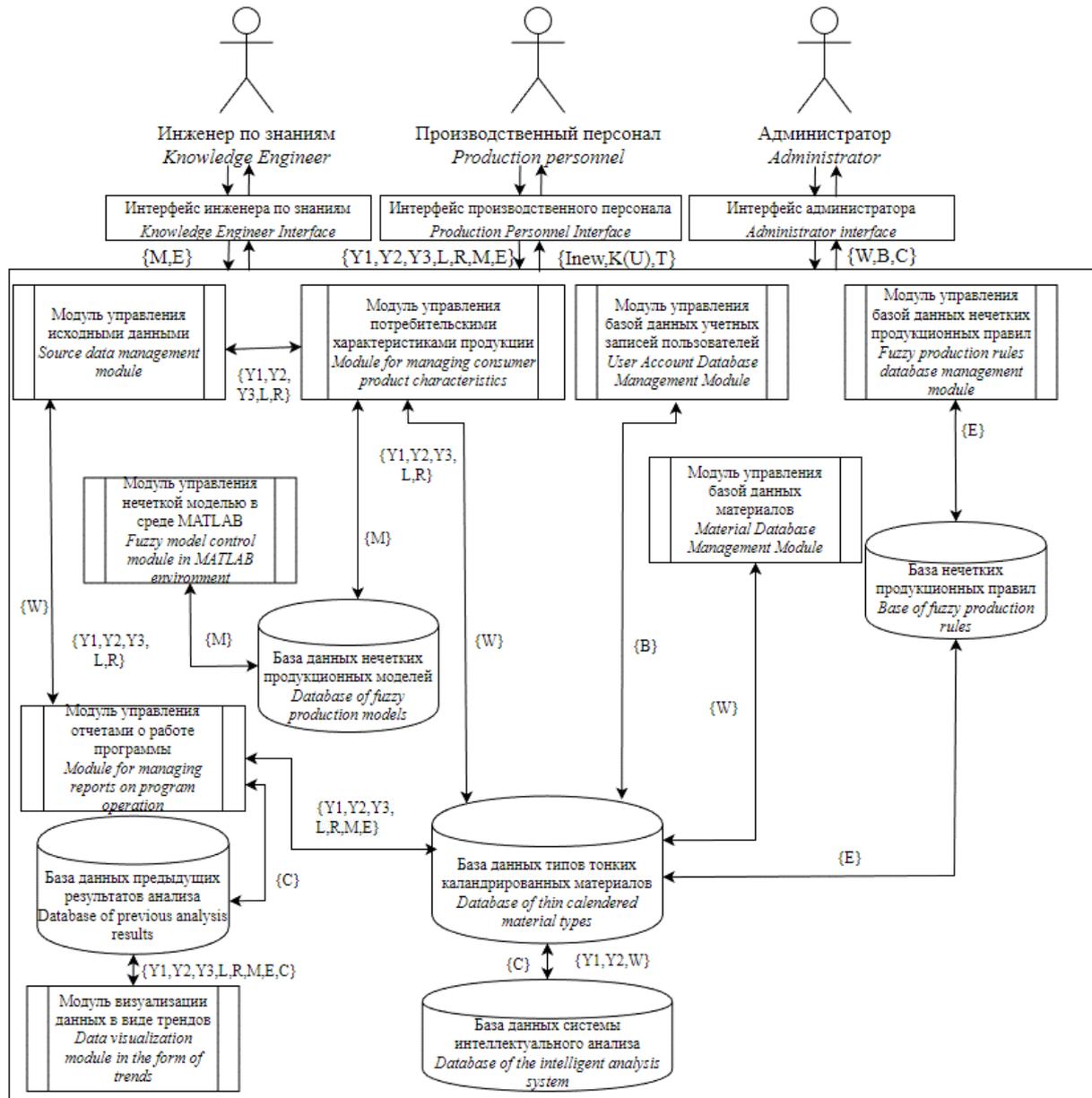


Рис. 6. Функциональная структура программного комплекса

Fig. 6. Functional structure of the software package

Новые обозначения, использованные на рисунке 6:

М – нечеткая производственная модель (установленная модель для выбранного производства);

Е – характеристики производственных правил (настраиваемые пользователем параметры производственных правил);

В – данные пользователя (логин, пароль, личный блокнот);

С – параметры отчетов о работе программы (файл с отчетом о работе программы);

I<sub>new</sub> – изображение с локализованным дефектом (файл в формате .jpg);

K(U) – советы по управлению качеством ТКМ, включающие рекомендуемое изменение управляющих воздействий производства U;

T – тренды качества продукции.

Как видно из приведенной функциональной структуры – система рассчитана на три вида пользователей – инженера по знаниям, производственный персонал и администратора.

Администратор – отвечает лишь за настройку программного обеспечения и соблюдение требований информационной безопасности и корпоративной политики.

Инженер по знаниям – основной задачей пользователей этого типа является разработка нечетких моделей, весь необходимый инструментарий предусмотрен в пользовательском интерфейсе инженера по знаниям, что позволяет не обращаться к сторонним платным программным пакетам. Задача разработки нечетких моделей подразумевает в том числе и наполнение базы нечетких производственных правил. Несмотря на гибкость программного комплекса и его модульность, позволяющую не разрабатывать каждую модель заново, а лишь модифицировать базовую версию, это самый наукоемкий и ресурсозатратный процесс. Качество работы системы напрямую зависит от качества базы производственных правил, которая, как правило, составляется на основе технологических регламентов, специализированной литературы и формализованных знаний экспертов в предметной области.

Производственный персонал – разработанный программный комплекс может работать в двух режимах – автоматическом (непрерывном) и ручном. В первом случае систему нужно лишь запустить и настроить, после чего она будет автоматически взаимодействовать с базой данных, проверять сведения о текущем состоянии продукции, передаваемые с различных датчиков на производственной линии, и, в случае необходимости, дополнять базу данных. Во втором случае пользователь может вручную провести внеочередную проверку образца продукции, выбрав подходящий тип нечеткой модели и введя все необходимые сведения об образце. Наличие в программе двух режимов работы позволяет применять ее как на реальных производствах, так и в обучающих целях.

Разработанная система предназначена для интеграции в «Программный комплекс обработки больших промышленных данных» (ПКОБД) [Чистякова, Полосин, 2019]. Интеграция описываемой системы в ПКОБД позволит дополнить имеющуюся в базах данных информацию о продукции производств ТКМ, что позволит улучшить результаты работы системы анализа больших данных, снизить количество производственного брака путем обеспечения более точных результатов анализа образцов продукции и сообщения своевременных рекомендаций по управлению производственному персоналу.

### **Заключение**

Проведен анализ процесса производства целлюлозно-бумажных изделий, а также процесса производства полимерных пленок как объектов управления. Подробно изучены типовые технологические регламенты этих производств, соответствующие ГОСТы и производственные данные. Выявлены схожие и отличительные черты этих производств и продукции. Определена актуальность и целесообразность разработки системы анализа и управления качеством продукции полимерных и целлюлозно-бумажных производств на базе нечетких моделей.

Приведено обоснование использования механизмов нечеткой логики, описан процесс синтеза нечетких моделей, приведен пример нечеткой модели, а также часть базы нечетких производственных правил.

Описана архитектура системы (программного комплекса) для анализа и управления качеством продукции ТКМ. Разработанный программный комплекс позволяет производить анализ характеристик продукции даже в условиях неполноты входных данных, оперируя как количественными, так и качественными показателями продукции, что является основной отличительной чертой разработки.

Описанный программный комплекс может быть применен как для анализа продукции на конечной, так и на промежуточной стадии (для полимерной пленки – на стадии экструдата), благодаря чему появляется возможность определить брак продукции на ранних стадиях и минимизировать временные затраты на подачу регулирующих воздействий, что приведет к уменьшению количества брака.

Разработка является открытой, настраиваемой и автономной – для использования описываемого программного обеспечения необходимо лишь установить сопутствующие драйвера и саму программу. Однако описанная система разрабатывалась с учетом возможности интеграции в «Программный комплекс обработки больших промышленных данных».

Искомый эффект – улучшение качества производимой продукции, достигается за счет полноты данных об анализируемых образцах. Критерий эффективности описываемой системы – приведение качественных данных к количественному виду и интеграция полученных данных в базу остальных количественных оценок системы анализа больших данных. Благодаря этому ПКОбД получит возможность выдавать более точные советы по управлению качеством продукции, что сократит время на принятие управленческих решений и поспособствует повышению качества продукции.

### Список литературы

- Байченко А.А., Байченко Л.А., Арет В.А. 2014. Применение нечеткой логики в управлении предприятием пищевой промышленности. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 3: 35–69.
- ГОСТ Р 58106-2018. 2018. Национальный стандарт Российской Федерации. Бумага для офисной техники. Технические условия. М.: Стандартинформ
- Гусеница Я.Н., Гречкина О.В., Ляскин А.С. 2024. Методика ранжирования свойств компетентности эксперта на основе анализа иерархий. Известия Тульского государственного университета. 4: 115–118. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-4-115-116.
- Ерошкин С.Ю., Поляков В.В. 2005. Анализ подходов к оценке экспертной информации при прогнозировании инновационных решений. Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 3: 150–169.
- Камаев А.В., Разыграев А.С., Чистякова Т.Б. 2019. Программный комплекс для управления толщиной каландрированных материалов. Математические методы в технике и технологиях: сборник трудов международной научной конференции: в 12 т. Т. 12 / под общ. ред. А.А. Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 214–217.
- Колерт К., Воскресенский А.М., Красовский В.Н. 2020. Интенсификация процессов каландрования полимеров / Под ред. А.М. Воскресенского. Л.: Химия, 224.
- Кондрашкова Г.А., Леонтьев В.Н., Шапоров О.М. 1989. Автоматизация технологических процессов производства бумаги. – М.: Лесная промышленность, 328.
- Макарук Р.В., Гиляров В.Н. 2013. Нечёткие модели и программный комплекс для анализа характеристик вычислительной сети. Экономика. Информатика. 22-1: С.165–170.
- Манукян Г.А. 2021. Анализ брака и потерь от брака. Форум молодых ученых. 4(56): 256–259.
- Носов А.Н., Бугров А.Н. 2013. Современные средства и технологии обеспечения анализа и планирования производств. Системный анализ в науке и образовании. 2: 118–132.
- Савченко Д.В., Резникова К.М., Смышляева А.А. 2021. Нечеткая логика и нечеткие информационные технологии. Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 1(8). DOI: 10.15862/10ECOR121.
- Тедтоев А.Ч. Макарук Р.В. Чистякова Т.Б. 2023. Нечеткие модели и программный комплекс для анализа и управления потребительскими характеристиками тонких каландрированных материалов. Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 65(91): 97–104. DOI: 10.36807/1998-9849-2023-65-91-97-104.
- Тетерин М.А., Разыграев А.С., Аразтаганова А.М., Чистякова Т.Б. 2017. Гибридная система для интеллектуального анализа больших данных и управления качеством полимерных материалов. Математические методы в технике и технологиях: сборник трудов международной научной конференции: в 12 т. Т. 8 / под общ. ред. А.А. Большакова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 22–26.
- Фляте Д.М. 1988. Технология бумаги. М.: Лесная промышленность, 440.
- Фозилов М.М., Чистякова Т.Б., Полосин А.Н. 2021. Компьютерная система анализа промышленных данных для оценки состояния экструзионного оборудования в производствах полимерных

- пленок. Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 57: 81–89. DOI: 10.36807/1998-9849-2021-57-83-81-89.
- Чарват Р.А. 2009. Производство окрашенных пластмасс / пер. с англ. 2-е изд. СПб.: НОТ, 400.
- Чистякова Т.Б., Полосин А.Н., Тетерин М.А., Кляйнерт Ф. 2021. Компьютерная система обработки промышленной информации для управления производством многоассортиментных полимерных пленок. Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах, 1: 231–234.
- Чистякова Т.Б., Куликов С.И., Полосин А.Н., Колерт К. 2007. ПО для управления толщиной каландрованных тонких материалов. Автоматизация в промышленности. 1: 8–11.
- Чистякова Т.Б., Полосин А.Н. 2019. Математические модели и программный комплекс для управления экструзионными процессами в гибких многоассортиментных производствах полимерных материалов. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Математическое моделирование и программирование». 12(4): 5–28. DOI: 10.14529/mmp190401
- Шашихина О.Е., Чистякова Т.Б. 2021. Компьютерная система для оптимального планирования полимерных производств. Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 59: 94–100. DOI: 10.36807/1998-9849-2021-59-85-94-100.
- Щербак Н.В. 2019. Расчет и подбор оборудования в производстве бумаги: учебное пособие. Архангельск: САФУ, 152.
- Abaei G., Selamat A., Al Dallal J. 2020. A fuzzy logic expert system to predict module fault proneness using unlabeled data. Journal of King Saud University Computer and Information Sciences. 32(6): 684–699. DOI: 10.1016/j.jksuci.2018.08.003.
- Chistyakova T.B., Kleinert F., Teterin M.A. 2020. Big data analysis in film production. Studies in Systems, Decision and Control. 259: 229–236. DOI: 10.1007/978-3-030-32579-4\_18.
- Kohlert M., Chistyakova T.B. 2015. Advanced process data analysis and on-line evaluation for computer-aided monitoring in polymer film industry. Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 29: 83–88.
- Kong L., He W., Yang C., Sun C. 2019. Adaptive fuzzy control for coordinated multiple robots with constraint using impedance learning. IEEE transactions on cybernetics. 49(8): 3052–3063, DOI: 10.1109/TCYB.2018.2838573.
- Seletkov I.P., Yasnitsky L.N. 2019. Application of Matrix Fuzzy Logic in Machine Independent Temperature Controller. Advances in Intelligent Systems and Computing. 850: 443–449.
- Tedtoev A.Ch. Makaruk R.V., Chistyakova T.B. 2022. Methods and technologies of application of fuzzy models for processing industrial data and quality management of polymer materials. Proceedings of 2022 25rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2022: 25, 34–37. DOI 10.1109/SCM55405.2022.9794846.

## References

- Baychenko A.A., Baychenko L.A., Aret V.A. 2014. Application of fuzzy logic in the management of food industry enterprises. Scientific journal NRU ITMO Series "Economics and Environmental Management". 3: 35–69 (in Russian).
- GOST R 58106-2018. 2018. Nacionalnyj standart Rossijskoj Federacii. Bumaga dlya ofisnoj texniki Texnicheskie usloviya [State Standard R 58106-2018. Paper for office equipment. Specifications]. Moscow, Standartinform Publ.
- Gusenicza Ya.N., Grechkina O.V., Lyaskin A.S. 2024. Method for ranking properties of expert competence based on hierarchy analysis. Izvestiya Tula State University. 4: 115–118 (in Russian). DOI: 10.24412/2071-6168-2024-4-115-116.

- Eroshkin S. Yu., Polyakov V. V. 2005. Analiz podkhodov k ocenke ekspertnoj informacii pri prognozirovanii innovacionnyx reshenij [Analysis of approaches to assessing expert information when predicting innovative solutions]. Nauchny`e trudy: Institut narodnoozyajstvennogo prognozirovaniya RAN [Scientific works: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences]. 3:150–169.
- Kamaev A. V., Razygraev A. S., Chistyakova T. B. 2019. Programmnyj kompleks dlya upravleniya tolshhinoj kalandrirovannyx materialov [Software package for controlling the thickness of calendered materials]. Matematicheskie metody v texnike i texnologiyax: sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii [Mathematical methods in engineering and technology: collection of proceedings of the international scientific conference]. Ed. by A. A. Bolshakov. 12: 214–217.
- Kohlert C., Voskresenskij A. M., Krasovskij V. N. 2020. Intensifikaciya processov kalandrovaniya polimerov [Intensification of polymer calendering processes]. Ed. by A. M. Voskresenskij. Leningrad, Ximiya, 224.
- Kondrashkova G. A., Leontev V. N., Shaporov O. M. 1989. Avtomatizaciya texnologicheskix processov proizvodstva bumagi [Automation of paper production processes]. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 328.
- Makaruk R. V., Gilyarov V. N. 2013. Nechyotkie modeli i programmnyj kompleks dlya analiza xarakteristik vychislitelnoj seti [Fuzzy models and software package for analyzing the characteristics of a computer network]. Ekonomika. Informatika [Economics. Information technologies]. 22-1: 165–170.
- Manukyan G. A. 2021. Analysis of marriage and losses from marriage. forum-nauka.ru. 4(56): 256–259 (in Russian).
- Nosov A. N., Bugrov A. N. 2013. Sovremenny`e sredstva i texnologii obespecheniya analiza i planirovaniya proizvodstv [Modern tools and technologies for providing analysis and production planning]. Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii. 2: 118–132 (in Russian).
- Savchenko D. V., Reznikova K. M., Smyshlyaeva A. A. 2021. Fuzzy logic and fuzzy information technology. Russian journal of resources, conservation and recycling. 8(1) (in Russian). Available at: <https://resources.today/PDF/10ECOR121.pdf>. (accessed 28.04.2024) DOI: 10.15862/10ECOR121.
- Tedtoev A. Ch., Makaruk R. V., Chistyakova T. B. 2023. Fuzzy models and software package for analysis and control of consumer characteristics of thin calendered materials. Bulletin of the Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University). 65(91): 97–104. DOI: 10.36807/1998-9849-2023-65-91-97-104.
- Teterin M. A., Razygraev A. S., Araztaganova A. M., Chistyakova T. B. 2017. Gibridnaya sistema dlya intellektual`nogo analiza bol`shix dannyx i upravleniya kachestvom polimernyx materialov [Hybrid system for intelligent big data analysis and quality management of polymer materials]. Matematicheskie metody v texnike i texnologiyax: sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii [Mathematical methods in engineering and technology: collection of proceedings of the international scientific conference], Ed. by A. A. Bolshakov. 8: 22–26 (in Russian).
- Flyate D. M. 1988. Texnologiya bumagi [Paper technology]. Moscow, Lesnaya promyshlennost [Forestry industry], 440.
- Fozilov M. M., Chistyakova T. B., Polosin A. N. 2021. A computer system of industrial data analysis for evaluation of extrusion equipment state at polymeric film production. Bulletin of the Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University). 57: 81–89 (in Russian). DOI: 10.36807/1998-9849-2021-57-83-81-89.
- Charvat R. A. 2009. Coloring of plastics. Fundamentals. 2 ed. Saint Petersburg, Nauchnye osnovy i texnologii, 400.
- Chistyakova T. B., Polosin A. N., Teterin M. A., Kleinert F. 2021. Computer system for processing industrial information for controlling the production of multi assortment polymeric films. Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya po problemam upravleniya v texnicheskix sistemax [International scientific conference on control problems in technical systems]., 1: 231–234.
- Chistyakova T. B., Kulikov S. I., Polosin A. N., Kolert K. 2007. PO dlya upravleniya tolshhinoj kalandrovannyx tonkix materialov [Thickness management software for calendered thin materials]. Avtomatizaciya v promyshlennosti. 1: 8–11.

- Chistyakova T.B., Polosin A.N. 2019. Matematicheskie modeli i programmnyj kompleks dlya upravleniya ekstruzionnymi processami v gibkix mnogoassortimentryx proizvodstvax polimernyx materialov [Mathematical models and software package for controlling extrusion processes in flexible multi-product production of polymer materials]. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming. 12(4): 5–28. DOI: 10.14529/mmp190401.
- Shashikhina O.E., Chistyakova T.B. 2021. Computer system for optimal planning of polymer productions. Bulletin of the Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University). 59: 94–100 (in Russian). DOI: 10.36807/1998-9849-2021-59-85-94-100.
- Shcherbak N.V. 2019. Raschet i podbor oborudovaniya v proizvodstve bumagi [Calculation and selection of equipment in paper production]. 2 ed. revised. Arkhangelsk, NArFU, 152 p.
- Abaei G., Selamat A., Al Dallal J. 2020. A fuzzy logic expert system to predict module fault proneness using unlabeled data. Journal of King Saud University Computer and Information Sciences. 32(6): 684–699. DOI: 10.1016/j.jksuci.2018.08.003.
- Chistyakova T.B., Kleinert F., Teterin M.A. 2020. Big data analysis in film production. Studies in Systems, Decision and Control. 259: 229–236. DOI: 10.1007/978-3-030-32579-4\_18.
- Kohlert M., Chistyakova T.B. 2015. Advanced process data analysis and on-line evaluation for computer-aided monitoring in polymer film industry. Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 29: 83–88.
- Kong L., He W., Yang C., Sun C. 2019. Adaptive fuzzy control for coordinated multiple robots with constraint using impedance learning. IEEE transactions on cybernetics. 49(8): 3052–3063, DOI: 10.1109/TCYB.2018.2838573.
- Seletkov I.P., Yasnitsky L.N. 2019. Application of Matrix Fuzzy Logic in Machine Independent Temperature Controller. Advances in Intelligent Systems and Computing. 850: 443–449.
- Tedtoev A.Ch. Makaruk R.V., Chistyakova T.B. 2022. Methods and technologies of application of fuzzy models for processing industrial data and quality management of polymer materials. Proceedings of 2022 25rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2022: 25, 34–37. DOI 10.1109/SCM55405.2022.9794846.

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

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

Поступила в редакцию 24.09.2024

Received September 24, 2024

Поступила после рецензирования 03.12.2024

Revised December 03, 2024

Принята к публикации 05.12.2024

Accepted December 05, 2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Тедтоев Азамат Черменович**, аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования и управления, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия

[ORCID: 0009-0003-2396-0389](https://orcid.org/0009-0003-2396-0389)

**Azamat Ch. Tedtoev**, Postgraduate student of the Department of Computer-Aided Design and Control, St. Petersburg State Technological Institute (Technical University), Saint Petersburg, Russia

[ORCID: 0009-0003-2396-0389](https://orcid.org/0009-0003-2396-0389)

**Макарук Роман Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и управления, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия

[ORCID: 0000-0002-9035-9353](https://orcid.org/0000-0002-9035-9353)

**Roman V. Makaruk**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer-Aided Design and Control, St. Petersburg State Technological Institute (Technical University), Saint Petersburg, Russia

[ORCID: 0000-0002-9035-9353](https://orcid.org/0000-0002-9035-9353)



**Чистякова Тамара Балабековна**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой систем автоматизированного проектирования и управления, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия

 [ORCID: 0000-0002-0145-9679](https://orcid.org/0000-0002-0145-9679)

**Tamara V. Chistyakova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer-Aided Design and Control, St. Petersburg State Technological Institute (Technical University), Saint Petersburg, Russia

 [ORCID: 0000-0002-0145-9679](https://orcid.org/0000-0002-0145-9679)