

ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Научно-практический рецензируемый журнал
Издается с 2025 г.

**Издатель: Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Россия**

Периодичность издания – 4 номера в год

Журнал ориентирован на научное обсуждение актуальных проблем
по научным специальностям:

- 1.2.1. «Искусственный интеллект и машинное обучение»
- 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»
- 2.3.6. «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность»
- 5.2.2. «Математические, статистические и инструментальные методы в экономике»

Электронная версия журнала на русском и английском языках
находится в открытом доступе на сайте digitari.ru
Журнал публикует материалы на условиях лицензии
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

DIGITAL SOLUTIONS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

Scientific and practical peer-reviewed journal
Published since 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

ФЕКЛИН В.Г., кандидат физико-математических наук, доцент, декан факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

КОЧКАРОВ Р.А., кандидат экономических наук, доцент кафедры искусственного интеллекта, заместитель декана по научной работе факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

АНДРИЯНОВ Н.А., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры искусственного интеллекта, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

АФАНАСЬЕВ А.А., доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН, заведующий кафедрой моделирования и системного анализа, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

БОГДАНОВ Е.А., Ph.D, заведующий кафедрой информационной безопасности, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ВАСИЛЬЕВА Е.В., доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой бизнес-информатики, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ЖУКОВСКАЯ И.Е., доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры бизнес-информатики, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

КОРОВИН Д.И., доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры моделирования и системного анализа, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

КАШИРИН А.Б., директор Центра продвинутой аналитики АО «Альфа-Банк», заведующий базовой кафедрой Альфа-Банка, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

КОЗЬМИНЫХ С.И., доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационной безопасности, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

КОРОТЕЕВ М.В., кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой искусственного интеллекта, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

КОЧКАРОВ А.А., доктор технических наук, доцент, заместитель директора по инновационной работе ФИЦ Биотехнологии РАН, профессор кафедры искусственного интеллекта, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

МАКАРОВ В.Л., доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ЦЭМИ РАН, научный руководитель факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

МЕЛЬНИКОВ Д.А., доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационной безопасности, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

МИХАЙЛОВА С. С., доктор экономических наук, заведующая кафедрой математики и анализа данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

НЕИЗВЕСТНЫЙ С.И., доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры бизнес-информатики, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ОСТАПЕНКО Г.А., доктор технических наук, профессор, проректор по цифровизации, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ПЕТРОСОВ Д.А., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ПРОКОПЧИНА С.В., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры искусственного интеллекта, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

РЯБОВ П.Е., доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры математики и анализа данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

СЛАВИН Б.Б., доктор экономических наук, профессор кафедры бизнес-информатики, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ТИМОШЕНКО А.В., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационной безопасности, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ЦАРЕГОРОДЦЕВ А.В., доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института цифровых технологий, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

ЩЕТИНIN Е.Ю., доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры искусственного интеллекта, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

POURMOHAMMADBAGHER L., Dr., Allameh Tabataba'i University (ATU), Iran

BAHRANI M., Dr., Allameh Tabataba'i University (ATU), Iran

PEYMANI M., Dr., Allameh Tabataba'i University (ATU), Iran

SHARMA CH., Prof., GNIT Institute Of Management Studies, Greater Noida, India

JUNSHENG ZH., Prof., Dalian Neusoft University of Information, China

LIANZHUANG Q., PhD, Dalian Neusoft University of Information, China

KANG L., Prof., Dalian Neusoft University of Information, China

Рукописи принимаются vfeclin@fa.ru

Требования к оформлению авторских материалов:

<https://disk.yandex.ru/i/4TYJzMLvb1gQ-Q>

Редакция в обязательном порядке осуществляет экспертизу оценку (рецензирование), научное, литературное и техническое редактирование всех материалов, публикуемых в журнале.

EDITOR-IN-CHIEF

FEKLIN V. G., Dean of the Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

KOCHKAROV R.A., PhD in Economics, Associate Professor, Department of Artificial Intelligence, Deputy Dean for Research at the Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD

ANDRIANOV N.A., Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Artificial Intelligence, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

AFANASYEV A.A., Dr. Sci (Econ.), Associate Professor, Leading Researcher at CEMI RAS, Head of the Department of Modeling and System Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

BOGDANOV E.A., Ph.D., Head of the Department of Information Security, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

VASILYeva E.V., Dr. Sci (Econ.), Associate Professor, Head of the Department of Business Informatics, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

ZHUKOVSKAYA I.E., Dr. Sci (Econ.), Associate Professor, Professor, Department of Business Informatics, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

KOROVIN D.I., Dr. Sci (Econ.), Associate Professor, Professor of the Department of Modeling and System Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

KASHIRIN A.B., Director of the Center for Advanced Analytics of Alfa-Bank JSC, Head of the Basic Department of Alfa-Bank, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

KOZMINYKH S.I., Dr. Sci. (Tech), Associate Professor, Professor, Department of Information Security, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

KOROTEEV M.V., Ph.D. in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Artificial Intelligence, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

KOCHKAROV A.A., Dr. Sci. (Tech), Associate Professor, Deputy Director for Innovation at the Institute of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, Professor, Department of Artificial Intelligence, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

MAKAROV V.L., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Academician of the RAS, Scientific Director of the Central Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

MELNIKOV D.A., Dr. Sci. (Tech), Associate Professor, Professor, Department of Information Security, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

MIKHAILOVA S.S., Dr. Sci (Econ.), Head of the Department of Mathematics and Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

NEIZVESTNYJ S.I., Dr. Sci. (Tech), Senior Researcher, Professor, Department of Business Informatics, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

OSTAPENKO G.A., Dr. Sci. (Tech), Professor, Vice-Rector for Digitalization, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

PETROSOV D.A., Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Information Technology, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

PROKOPCHINA S.V., Dr. Sci. (Tech), Professor, Professor, Department of Artificial Intelligence, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

RYABOV P.E., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Professor of the Department of Mathematics and Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

SLAVIN B.B., Dr. Sci (Econ.), Professor, Department of Business Informatics, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

TIMOSHENKO A.V., Dr. Sci. (Tech), Professor, Professor, Department of Information Security, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

TSAREGORODTSEV A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Institute of Digital Technologies, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

SHCHETININ E.Y., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Professor, Department of Artificial Intelligence, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

POURMOHAMMADBAGHER L., Dr., Allameh Tabataba'i University (ATU), Iran

BAHRANI M., Dr., Allameh Tabataba'i University (ATU), Iran

PEYMANI M., Dr., Allameh Tabataba'i University (ATU), Iran

SHARMA CH., Prof., GNIOT Institute Of Management Studies, Greater Noida, India

JUNSHENG ZH., Prof., Dalian Neusoft University of Information, China

LIANZHUANG Q., PhD, Dalian Neusoft University of Information, China

KANG L., Prof., Dalian Neusoft University of Information, China

Manuscripts are submitted vfeclin@fa.ru

Requirements for the design of copyrighted materials:

<https://disk.yandex.ru/i/4TYJzMLvb1gQ-Q>

The Editorial Board are assessment the peer-review manuscripts meticulously and executes scientific, literary and technical editing of the author's original in the journal.



ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Научно-практический
журнал
Том 1, № 1, 2025
Периодичность:
4 раза в год
ISSN 3033-5477 (Print)

**Свидетельство
о регистрации:
Эл №ФС77-90338
от 01 ноября 2025 г.
Изатель:**

Финансовый университет
при Правительстве
Российской Федерации
125167, Российская
Федерация, Москва,
Ленинградский проспект, 53
+7 (499) 553-10-74
dvonegov@fa.ru
Сайт: digitari.ru

Главный редактор
В. Г. Феклин

Заведующий редакцией
Л. В. Онегов

Выпускающий редактор
А.А. Извекова

Переводчик
И.М. Евстратов

Корректор
СФ Михайлова

Подписано в печать:
16.05.2025
Заказ № 619
Отпечатано
в отделе полиграфии
Финансового университета
(Москва, Ленинградский пр-т, д. 51)
© Финансовый
университет при
Правительстве РФ,
Москва

ТЕМА НОМЕРА: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Кузнецова А.В., Борисова Л.Р., Демина И.А.

Методы машинного обучения для прогнозирования течения заболевания на примере развития тяжелой степени пневмонии. 6

Седых И.Ю., Хрипунова М.Б.

Технологии искусственного интеллекта в современном образовании России 20

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

Богомолов А.И.

Роль единой цифровой платформы в трансформации рынка труда России 28

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

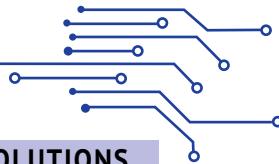
Баранова Е.К., Петров М.Ю.

Использование OSINT в современной системе
обеспечения информационной безопасности 36

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

Лукъянов П.Б., Балашова М.Л., Левченко К.Г.

Прогнозирование доходности финансовых инструментов: использование интерактивных средств моделирования и визуализации



COVER STORY: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING

Kuznetsova A.V., Borisova L.R., Demina I.A.

Machine Learning Methods for Predicting the Course of the Disease Using the Example of the Development of Severe Pneumonia..... 6

Sedykh I.Yu., Khrapunova M.B.

Artificial Intelligence Technologies in Modern Higher Education of the Russian Federation 20

MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE PACKAGES

Bogomolov A.I.

The Impact of the Unified Digital Platform on the transformation of Russian's labor market..... 28

METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION PROTECTION, INFORMATION SECURITY

Baranova E.K., Petrov M.U.

Using OSINT in a Modern Information Security System..... 36

MATHEMATICAL, STATISTICAL AND INSTRUMENTAL METHODS IN ECONOMICS

Lukyanov P.B., Balashova M.D., Levchenko K.G.

Forecasting the Profitability of Financial Instruments: Using Interactive Modeling and Visualization Tools..... 45

DIGITAL SOLUTIONS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

Scientific and practical journal

Vol. 1, No. 1, 2025

Publication Frequency:

4 times a year

ISSN 3033-5477 (Print)

Publisher:

Financial University under the Government of the Russian Federation
49 Leningradsky Prospekt,
Moscow, 125167, Russian Federation
+7 (499) 553-10-74
dvonegov@fa.ru

Site: digitari.ru

Editor-in-Chief
Vadim G. Feklin

Head of Editorial Department
Dmitry V. Onegov

Managing Editor
Anna A. Izvekova

Translator
Igor M. Evstratov

Proofreader
Svetlana F. Mikhaylova

Design, make up
Elena A. Smirnova

Signed off to printing: 16.05.2025

Order № 619

Printed

in the Polygraphy Department
of the Financial University
(51, Leningradsky prospect,
Moscow)

© Financial University
under the Government
of the Russian Federation,
Moscow



УДК 616.98:578.834.1]-073/078/085(045)

Методы машинного обучения для прогнозирования течения заболевания на примере развития тяжелой степени пневмонии

A.V. Кузнецова^a, Л.Р. Борисова^b, И.А. Демина^c^aИнститут биохимической физики им. Н.М. Эмануэля, Российской академия наук, Москва, Российская Федерация;^bФинансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация;^cГородская клиническая больница им. С.П. Боткина, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Цель работы – прогнозирование осложнений при COVID-19 в виде пневмонии тяжелой степени по базе клинико-лабораторных данных методами машинного обучения (МО). Градация тяжести заболевания COVID-19 основана на результатах компьютерной томографии (КТ). Группы пациентов состояли из 31 пациента с тяжелой формой пневмонии (КТ 2–4) и 113 пациентов с нетяжелой формой (КТ 0–1) и без пневмонии. База данных включила 105 клинико-лабораторных показателей. Применены стандартные непараметрические критерии χ^2 и критерий Манна-Уиттни (U-тест) с коррекцией на множественное тестирование по Бонферрони-Холму. Выявлены 13 значимых показателей. Использованы методы машинного обучения (МО) системы анализа данных Data Master Azforus с применением лучших из них в виде ансамбля. **Методы** МО позволили построить мультифакторные нелинейные модели для прогнозирования. Для всего периода наблюдения результат прогнозирования *методом статистически взвешенных синдромов* (СВС) достиг значения ROC AUC = 0,9. Достаточно точный прогноз пневмонии тяжелой степени при COVID-19 оказалось возможно сделать по 26 наиболее значимым клинико-лабораторным показателям. Известные лечащим врачам клинические признаки, определяющие тяжесть течения пневмонии, подтверждены методами МО. Апробация модели доказала ее перспективность. Внедрение модели в практику повысит точность и оперативность диагностики тяжелого течения пневмонии. Система анализа данных Data Master Azforus (САД ДМА) позволит врачам-исследователям создавать рекомендательные системы по прогнозированию и диагностике заболеваний.

Ключевые слова: COVID-19; пневмония; степени поражения; клинико-лабораторная диагностика; машинное обучение; прогностические модели

Для цитирования: Кузнецова А.В., Борисова Л.Р., Демина И.А. Методы машинного обучения для прогнозирования течения заболевания на примере развития тяжелой степени пневмонии. Цифровые решения и технологии искусственного интеллекта. 2025;1:6-19.

ORIGINAL PAPER

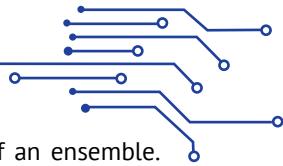
Machine Learning Methods for Predicting the Course of the Disease Using the Example of the Development of Severe Pneumonia

A.V. Kuznetsova^a, L.R. Borisova^b, I.A. Demina^c^aInstitute of Biochemical Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation;^bFinancial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation;^cS.P. Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The aim of the work is to predict complications in COVID-19 in the form of severe pneumonia based on clinical and laboratory data using machine learning (ML) methods. The severity of COVID-19 disease is based on the results of computed tomography (CT). The patient groups consisted of 31 patients with severe pneumonia (CT 2–4) and 113 patients with mild form (CT 0–1) and without pneumonia. The database included 105 clinical and laboratory parameters. The standard nonparametric criteria χ^2 and the Mann-Whitney criterion (U-test) with correction for multiple Bonferroni-Holm testing were applied. 13 significant indicators have been identified. Machine learning (ML) methods of the data

© Кузнецова А.В., Борисова Л.Р., Демина И.А., 2025



analysis system («Data Master Azforus») were used and the best of them were applied in the form of an ensemble. ML methods have made it possible to build multifactorial nonlinear models for forecasting. For the entire follow-up period, the prediction result by the method of statistically weighted syndromes (SWS) reached a value of ROC AUC = 0.9. It was possible to make a fairly accurate prediction of severe pneumonia in COVID-19 based on the 26 most significant clinical and laboratory indicators. The clinical signs known to the attending physicians that determine the severity of pneumonia have been confirmed by ML methods. The approbation of the model proved its promise. The introduction of the model into practice will increase the accuracy and efficiency of diagnosis of severe pneumonia. The data analysis system («Data Master Azforus») will allow research doctors to create recommendation systems for predicting and diagnosing diseases

Keywords: COVID-19; pneumonia; degrees of clinical; laboratory diagnostics; machine learning; predictive models

For citation: Kuznetsova A.V., Borisova L.R., Demina I.A. Machine Learning methods for predicting the course of the disease using the example of the development of severe pneumonia. *Digital Solutions and Artificial Intelligence Technologies*. 2025;1:6-19.

ВВЕДЕНИЕ

Пневмония различной степени тяжести, которая может привести к неблагоприятным исходам, — одно из наиболее тяжелых осложнений при заболевании COVID-19, вызываемого вирусом SARS-CoV-2. Анализ факторов тяжелого течения пневмонии, а также показателей, характеризующих тяжесть течения, необходим как для правильного выбора способа лечения, так и для понимания механизмов развития тяжелых форм заболевания. Исследования показывают, что факторами тяжелого течения заболевания являются пожилой возраст, мужской пол, наличие коморбидности (сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания, болезни органов дыхания, почек, аутоиммунные заболевания и иммунодефицитные состояния) [1]. Также прогноз тяжелого течения пневмонии связан с лимфопенией, повышенными уровнями в сыворотке амилоидного белка, С-реактивного белка, прокальцитонина, интерлейкина-6.

В рамках существующих Временных клинических рекомендаций «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции COVID-19»¹ наличие и степень тяжести пневмонии подтверждаются объективным диагностическим исследованием — компьютерной томографией (КТ). Среди различных шкал оценки можно выделить получившую широкое распространение в России «эмпирическую» визуальную шкалу КТ 0–4, где: КТ-0 — подтверждает отсутствие признаков вирусной пневмонии; КТ-1 — легкая форма пневмонии с участками «матового стекла», выраженность патологических изменений менее 25%; КТ-2 — умеренная пневмония, поражено от 25 до 50% легких; КТ-3 — тяжелая пневмония, поражение 50–75%; КТ-4 — тяжелая форма с поражением >75% легких. Особого внимания требуют пациенты с формами пневмонии КТ-2 — КТ-4, при которых степень пора-

жения легких составляет от 25 до 100%. Условно их можно объединить в группу, требующую повышенного внимания (тяжелую). Сравнение различных шкал показывает их значительную взаимосвязь [2, 3, 5]. Для сравнения в первую группу (тяжелые) были отнесены КТ-2 (умеренные), КТ-3 и КТ-4.

Важность компьютерной томографии подтверждается исследованиями связи различных шкал оценки тяжести по КТ как с выживаемостью [2, 4, 6, 7], так и с клиническими оценками течения заболевания [3–6]. В клинической практике оценка тяжести с использованием КТ обычно дополняется анализом клинико-лабораторных показателей. В связи с этим представляет интерес исследование связи совокупности клинико-лабораторных показателей с градацией тяжести на основе КТ. В работе по сопоставлению данных компьютерной томографии с исходами, клиническими и лабораторными характеристиками пациентов с COVID-19 [8] выявлена связь оценок тяжести по шкале КТ 0–4 с выживаемостью, а также с возрастом, ИМТ и рядом сопутствующих заболеваний. Также была отмечена связь с оценками тяжести течения по КТ с уровнем С-реактивного белка, D-димеров, ферритина, лимфопении [9].

В настоящее время в медицинских исследованиях, наряду со статистическими критериями и методами регрессионного анализа, все большее распространение получают методы машинного обучения (МО), позволяющие эффективно строить мультифакторные нелинейные модели компьютерной диагностики или прогнозирования. Преимущество подхода — в существовании арсенала современных методов МО, обеспечивающих высокую точность автоматической диагностики, а также способов корректной оценки эффективности получаемых алгоритмов. Повысить точность диагностики позволяет использование коллективных решений по ансамблям алгоритмов.

Методы машинного обучения уже применяются для оценивания тяжести и прогнозирования ис-

¹ Версия 16 от 18.08.2022. URL: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/060/193/original/%D0%92%D0%9C%D0%A0_COVID-19_V16.pdf



хода пневмонии. Так, например, в работе D. Wang, D. R. Willis, Y. Yih показана возможность точного прогноза тяжести состояния пациента с внебольничной пневмонией (ВП), позволяющего улучшить уход за пациентами и управление больницей [10].

Индекс тяжести пневмонии (PSI) разработан в 1997 г. в качестве инструмента для руководства клинической практикой путем стратификации тяжести состояния пациентов с ВП и оценивался по сравнению с другими инструментами клинической стратификации. При этом он не учитывался по некоторым классическим классификаторам МО по различным показателям при большом объеме выборки. В статье названных авторов сравнивается эффективность прогнозирования девяти классических классификаторов машинного обучения с PSI более чем 34 720 записей взрослых пациентов (18+), собранных из 749 больниц в период с 2009 по 2018 г. в США. Классификаторы машинного обучения, такие как Random Forest, обеспечили статистически значимое улучшение ($p < 0,001$) ($\approx 33\%$ в PR AUC и $\approx 6\%$ в ROC AUC) по сравнению с PSI и потребовали всего 7 входных значений (по сравнению с 20 параметрами, используемыми в PSI).

Цель настоящего исследования — создание отечественной системы прогноза тяжести пневмонии по набору наиболее значимых клинико-лабораторных показателей для своевременного решения вопроса о госпитализации больного. Для этого необходимо выявить наиболее эффективные методы машинного обучения и изучить значимые закономерности и связи клинико-лабораторных показателей с оценкой тяжести пневмонии при COVID-19 по результатам КТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

База данных. В основу положено ретроспективное исследование. Группа состояла из 144 взрослых (18+), госпитализированных в клиническую больницу им. С.П. Боткина с положительным результатом на COVID-19, у большей части этих пациентов были получены положительные результаты компьютерной томографии грудной клетки. Средний возраст исследуемых — 52 года. У 63 пациентов наличествовали сопутствующие заболевания: щитовидной железы, органов дыхания, ЖКТ, почек, гинекологические, онкологические, сахарный диабет, артрит, ожирение, дислипидемия.

База данных содержала 105 клинико-лабораторных показателей. В первичной базе вместе с показателями суточного мониторинга артериального давления (СМАД) было 144 показателя. В том числе данные по анамнезу, симптомы, сопутствующие

заболевания, антропометрия, физикальные данные, общий анализ крови, биохимия, коагулограмма, гормоны, динамика IgG, СМАД (табл. 1).

Больных разделили на две группы: **группа 1** (31 человек) — пациенты с тяжелой формой пневмонии, подтвержденной на КТ (2–4), **группа 2** (113 пациентов) с нетяжелой формой (КТ 0–1) или без пневмонии.

Методы анализа. Наряду с традиционными статистическими методами, включая критерий Манна-Уитни, метод Бонферрони-Холма [11], в работе применяли альтернативные методы интеллектуального анализа данных и методы МО.

Метод оптимально достоверных разбиений (ОДР) — оригинальная технология анализа данных, основанная на построении оптимальных разбиений пространства признаков. При этом разбиение считается оптимальным, если оно позволяет наилучшим образом разделить сравниваемые группы таким образом, чтобы с каждой стороны от границы разбиения преобладали значения только одной из исследуемых групп. Использовалась версия метода ОДР, где оптимальные разбиения ищутся в одном из двух множеств разбиений: 1) семейство разбиений интервалов значений отдельных переменных на два интервала с помощью одной граничной точки; 2) семейство разбиений двумерной области совместных значений пар переменных на четыре подобласти с помощью границ, параллельных координатным осям. Оценка статистической значимости производится с помощью непараметрического перестановочного теста, не требующего априорных предположений о характере распределений и применимого при произвольных размерах выборок. Подробно метод описан в работах О.В. Сенько, А.В. Кузнецовой, Е.М. Воронина, О.А. Кравцовой, Л.Р. Борисовой, И.Л. Кирилюк, И.А. Матвеева, И.С. Литвинцева и др. [12, 13].

Использовались также известные основанные на машинном обучении методы автоматической классификации: *решающих деревьев, статистически взвешенных синдромов, логистической регрессии, варианты градиентного бустинга (XGBoost)* [13]. Все они сохраняют эффективность при небольших выборках.

Метод скользящего контроля (LeaveOneOut) применялся для оценки статистической значимости найденных закономерностей, а показатели чувствительности, специфичности, общей точности и ROC-анализ — для оценки значимости. Все перечисленные методы исследования реализованы в системе анализа данных Data Master Azforus, которая была использована в данной работе.

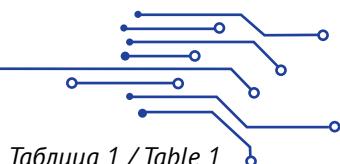


Таблица 1 / Table 1

**Список клинико-лабораторных показателей в исходной базе данных /
Clinical and Laboratory Parameters in the Source Database**

Клинические показатели / Clinical Parameters			
Возраст М (0) / Ж (1)	Диарея Диспепсия Выпадение волос Энцефалопатия Отсутствие пота Повышенная потливость Нарушения сна Кашель Аносмия Да На какой день Извращение обоняния Длительность	Астенизация Да Длительность Лихорадка Нет Длительность субфебрильная до температуры 37,9 °C субфебрильная до температуры 38,9 °C фебрильная пиретическая до температуры 41 °C Гипотермия	Реакция АД при болезни Гипотензия Норма Гипертензия Изменение массы тела Снижение Повышение Нет
Пневмония Нет КТ 1 Пневмония КТ 2 Пневмония КТ 3 Пневмония Дыхательная недостаточность Нет I ст. II ст.	Осложнения Перикардит Тромбоз Артрит	Сопутствующие заболевания 1=Да Заболевания щитовидной железы Сахарный диабет Артрит Заболевания органов дыхания Почки ЖКТ Гинекология Ожирение Дислипидемия Онкология	Антropометрия Масса тела, кг Рост, см ИМТ Физикальные данные ЧСС АД, систолическое АД, диастолическое Сатурация Частота дыхания
Лабораторные показатели / Laboratory Parameters			
Общий анализ крови WBC RBC HGB HTC PLT MCV MCH MCHC MPV RDW PTC	LYM, % NEUT, % NEUT (абс) LYM (абс) MON, % EO, % VA, % Биохимия Общий белок СРБ Ферритин Глюкоза	Коагулограмма АЧТВ Фибриноген Коагулограмма Протромбин, % МНО Д-димер Гормоны ТТГ Гликированный гемоглобин	Динамика Ig G Через 1 мес. Через 2 мес. Через 3 мес. Через 4 мес. Через 5 мес. Через 6 мес. Через 7 мес. Через 8 мес. Через 9 мес. Через 10 мес. Через 11 мес. Через 12 мес.

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования сравниваемые группы анализировали с помощью стандартных статистических методов χ^2 и Манна-Уитни (табл. 2).

Показатели объединены в наборы признаков по периоду заболевания: острый период и период реконвалесценции.

Вследствие большого числа показателей, сравнимого с числом объектов в обучающей выборке, проведена проверка на множественное тестирова-

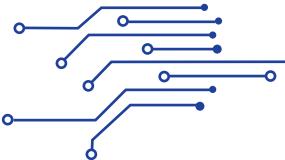


Таблица 2 / Table 2

Сравнение исследуемых групп пациентов с применением традиционных статистических методов с проверкой Бонферрони-Холма / Comparison of The Studied Patient Groups Using Traditional Statistical Methods with the Bonferroni-Holm Test

Период/показатель / Period/indicator	Среднее значение / The average value		Метод (р-значение) / Method (p-value)		
	группа / group 1	группа / group 2	χ^2	U-тест	U-тест с коррекцией Бонферрони-Холма
Острый					
1.Дыхательная недостаточность (I степени)	0,613	0,1239	< 0,000001	< 0,000001	< 0,000001
2.Дыхательной недостаточности нет	0,129	0,8407	< 0,000001	< 0,000001	< 0,000001
3.Лихорадка пиретическая: длительность (дни)	2,355	0,354	0,000188	0,00002	0,001442
4. Сатурация	98,19	98,65	0,000122	0,00002	0,001408
5.Дыхательная недостаточность (II степени)	0,2258	0,0177	0,000862	0,000024	0,001748
6. Пиретическая лихорадка (T до 41°C)	0,3871	0,0885	0,000844	0,000046	0,003284
7. Частота дыхания	16,39	15,85	0,000400	0,000173	0,012378
Реконвалесценции					
8. Изменение веса (снижение)	0,677	0,2035	0,000006	< 0,000001	0,000031
9. Изменения веса нет	0,29	0,7788	0,000004	< 0,000001	0,000022
10.Астенизация, длительность (дни)	91,58	28,34	0,00009	< 0,000001	0,000004
11. Изменения веса нет	0,29	0,7788	0,000004	< 0,000001	0,000022
12.Нарушения сна	0,7097	0,2566	0,000026	0,000003	0,000234
13.Выпадение волос	0,5161	0,1416	0,000163	0,00001	0,000691

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

ние Бонферрони-Холма. Из 105 показателей только 13 прошли эту проверку. Остальные показатели оказались не значимы. Метод Холма равномерно более мощный, чем поправка Бонферрони, и решает проблему падения мощности при росте числа гипотез.

Как видно из табл. 2, статистически значимыми оказались различия по 13 показателям. Наиболее важны два из них: касающиеся дыхательной

недостаточности «нет» и «1 степень». Даже после коррекции по Бонферрони-Холму значимость их сохраняется на уровне $p < 0,000001$. Показатели «изменение веса», «астенизация», «нарушение сна», «выпадение волос» после коррекции оценивались на уровне $p < 0,001$. Остальные показатели оказались значимыми на уровне $p < 0,02$.

Таблица 2 демонстрирует статистическую значимость признаков (p близко к нулю).



ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Для изучения закономерностей — связи конкретной группы (1 или 2) с клинико-лабораторными показателями — использовали метод ОДР. Работа метода иллюстрируется результатами для показателя «частота дыхания», представленным на рис. 1.

На одномерной диаграмме рассеяния рис. 1 случаи из группы 1 (с тяжелым течением пневмонии) обозначены крестиками, а случаи из группы 2 — кружками.

Интерпретация данной закономерности заключается в худшем прогнозе для пациента при превышении частоты дыхания выше 16 вдохов в минуту. Это должно приниматься во внимание для понимания перспектив лечения.

На рис. 1 можно видеть, что слева (ниже) границы (16,5), оптимально выставленной алгоритмом ОДР для показателя «Частота дыхания», отображаются

97 случаев (85,8%) из группы 2, и только 18 случаев (58,1%) из группы 1. При этом справа (выше) границы отображаются 13 случаев (41,9%) из группы 1, и только 28 случаев (19,4%) из группы 2. Значимость такого разделения оценена с помощью перестановочного теста на уровне $p < 0,002^2$. Такой подход не требует нормального распределения данных, что особенно актуально в медико-биологических исследованиях.

Оптимально поставленные границы по каждому значимому показателю позволяют видеть преобладание значений пациентов одной из исследуемых групп с одной из сторон от границы разбиения и получать представление о тенденции течения заболевания в зависимости от расположения значений конкретного пациента.

В табл. 3 приведены значимые показатели для распознавания группы 1 и группы 2. Одномерные

² Перестановочный тест вычисляет значимость путем генерации 3000 случайных таблиц.

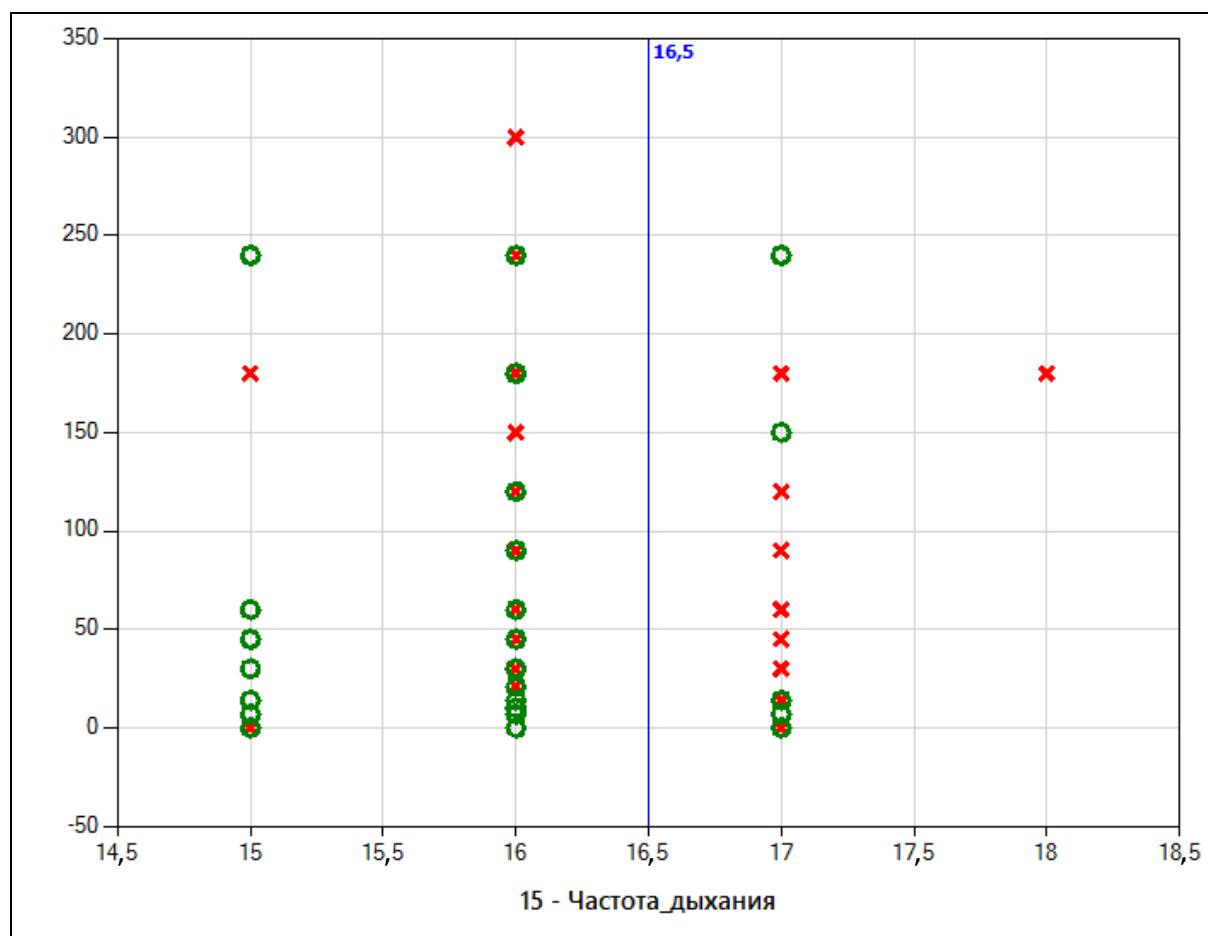


Рис. 1 / Fig. 1. Различие между случаями из группы 1 и группы 2 по показателю «Частота дыхания», выявленные методом ОДР, $p < 0,002$ / The Difference Between Cases from Group 1 and Group 2 in Terms of “Respiratory rate”, Identified by the Optimal Valid Partition, OVP Method

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

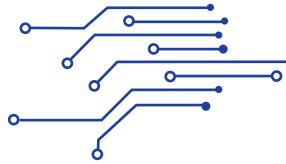


Таблица 3 / Table 3

Распределение случаев из групп 1 и 2 ниже и выше оптимальной границы / Distribution of Cases From Groups 1 and 2 Below and Above the Optimal Boundary

Период/показатель / Period/indicator	Граница / Border	Ниже границы, ПГр* (%) / Below the border, CP* (%)		Выше границы (%) / Above the border (%)		p-значение ПТ**/ p-value PT**
		группа 1 / group 1	группа 2 / group 2	группа 1 / group 1	группа 2 / group 2	
Острый						
1. Дыхательной недостаточности нет	0,5	27 (87,1)	18 (15,9)	4 (12,9)	95 (84,1)	< 0,0005
2. Дыхательная недостаточность (I степень)	0,5	12 (38,7)	99 (87,6)	19 (61,3)	14 (12,4)	< 0,0005
3. Лихорадка пиретическая: длительность (дни)	3,5	20 (64,5)	109 (96,5)	11 (35,5)	4 (3,5)	< 0,0005
4. Сатурация крови	98,5	24 (77,4)	39 (34,5)	7 (22,6)	74 (65,5)	0,0005
5. Дыхательная недостаточность (II степень)	0,5	24 (77,4)	111 (98,2)	7 (22,6)	2 (1,8)	0,0005
6. Пиретическая лихорадка (температура до 41 оС)	0,5	19 (61,3)	103 (91,2)	12 (38,7)	10 (8,8)	0,0005
7. Головная боль	0,5	6 (19,4)	58 (51,3)	25 (80,6)	55 (48,7)	0,001
8. ИМТ (индекс массы тела)	34	20 (64,5)	105 (92,9)	11 (35,5)	8 (7,1)	0,0015
9. Частота дыхания	16,5	18 (58,1)	97 (85,8)	13 (41,9)	16 (14,2)	0,0015
10. Лихорадка фебрильная, длительность (дни)	6,5	22 (71)	106 (93,8)	9 (29)	7 (6,2)	0,0055
11. Масса тела, кг	116	27 (87,1)	113 (100)	4 (12,9)	0 (0)	0,0055
12. Повышенная потливость	0,5	27 (87,1)	112 (99,1)	4 (12,9)	1 (0,9)	0,006
13. Сухость слизистых	0,5	22 (71)	101 (89,4)	9 (29)	12 (10,6)	0,017
14. Лихорадка субфебрильная, длительность (дни)	17,5	26 (83,9)	111 (98,2)	5 (16,1)	2 (1,8)	0,0195
15. Лихорадки нет	0,5	30 (96,8)	90 (79,6)	1 (3,2)	23 (20,4)	0,023
16. Артрит	0,5	12 (38,7)	71 (62,8)	19 (61,3)	42 (37,2)	0,017
Реконвалесценции						
17. Астенизация, длительность (дни)	25,5	6 (19,4)	85 (75,2)	25 (80,6)	28 (24,8)	< 0,0005
18. Изменения веса нет	0,5	22 (71)	25 (22,1)	9 (29)	88 (77,9)	< 0,0005
19. Изменение веса (снижение)	0,5	10 (32,3)	90 (79,6)	21 (67,7)	23 (20,4)	< 0,0005
20. Нарушение сна	0,5	9 (29)	84 (74,3)	22 (71)	29 (25,7)	< 0,0005
21. Выпадение волос	0,5	15 (48,4)	97 (85,8)	16 (51,6)	16 (14,2)	< 0,0005
22. Астенизация, да	0,5	2 (6,5)	54 (47,8)	29 (93,5)	59 (52,2)	0,0005
23. Изменение веса (повышение)	0,5	23 (74,2)	106 (93,8)	8 (25,8)	7 (6,2)	0,0045
24. РТС, тромбокрит	0,16	5 (17,9)	2 (1,9)	23 (82)	104 (98)	0,0135
25. МНО Коагулограмма	1,3	28 (90,3)	113 (100)	3 (9,7)	0 (0)	0,0305
26. Миалгия	0,5	10 (32,3)	60 (53,1)	21 (67,7)	53 (46,9)	0,0435

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

Примечание / Note: * – ПГр – преобладание класса с одной стороны от границы; ПТ – перестановочный тест / * CP – One class predominant; ** – PT – The permutation test.



разбиения (значения оптимальных одномерных границ) получены методом ОДР.

В строках табл. 2 сначала представлены значимые показатели (16), полученные в период острого состояния, а затем приведены показатели (10) периода реконвалесценции. Звездочкой помечено число пациентов слева (ниже) или справа (выше) границы. В скобках даны процентные доли подгрупп выше и ниже границы в полных группах 1 и 2. Предполагается, что все бинарные показатели принимают значение «1» при наличии соответствующего названию признака и значение «0» при его отсутствии.

Понять информативность сочетаний показателей позволяют двумерные модели метода ОДР, где по осям двумерной диаграммы рассеяния отложены два значимых показателя. Результаты для двумерной модели, описывающей связь тяжести течения

пневмонии с сочетанием длительности пиретической лихорадки и сатурации крови, представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что при продолжительности пиретической лихорадки более (выше) трех дней и уровне сатурации ниже 98,5% преобладают случаи с тяжелым течением пневмонии. Из девяти случаев, удовлетворяющих указанным условиям, восемь соответствуют тяжелому течению пневмонии. Наоборот, в квадранте I (левый верхний) при уровне сатурации выше 98,5% и длительности пиретической лихорадки менее (ниже) четырех дней соответствует 71 случай с нетяжелым течением пневмонии или без нее и только 4 случая с тяжелым течением пневмонии. Значимость различий была оценена на уровне $p < 0,0005$ для длительности пиретической лихорадки и $p < 0,0035$ для сатурации крови. Следует отметить, что почти все показатели, приведенные

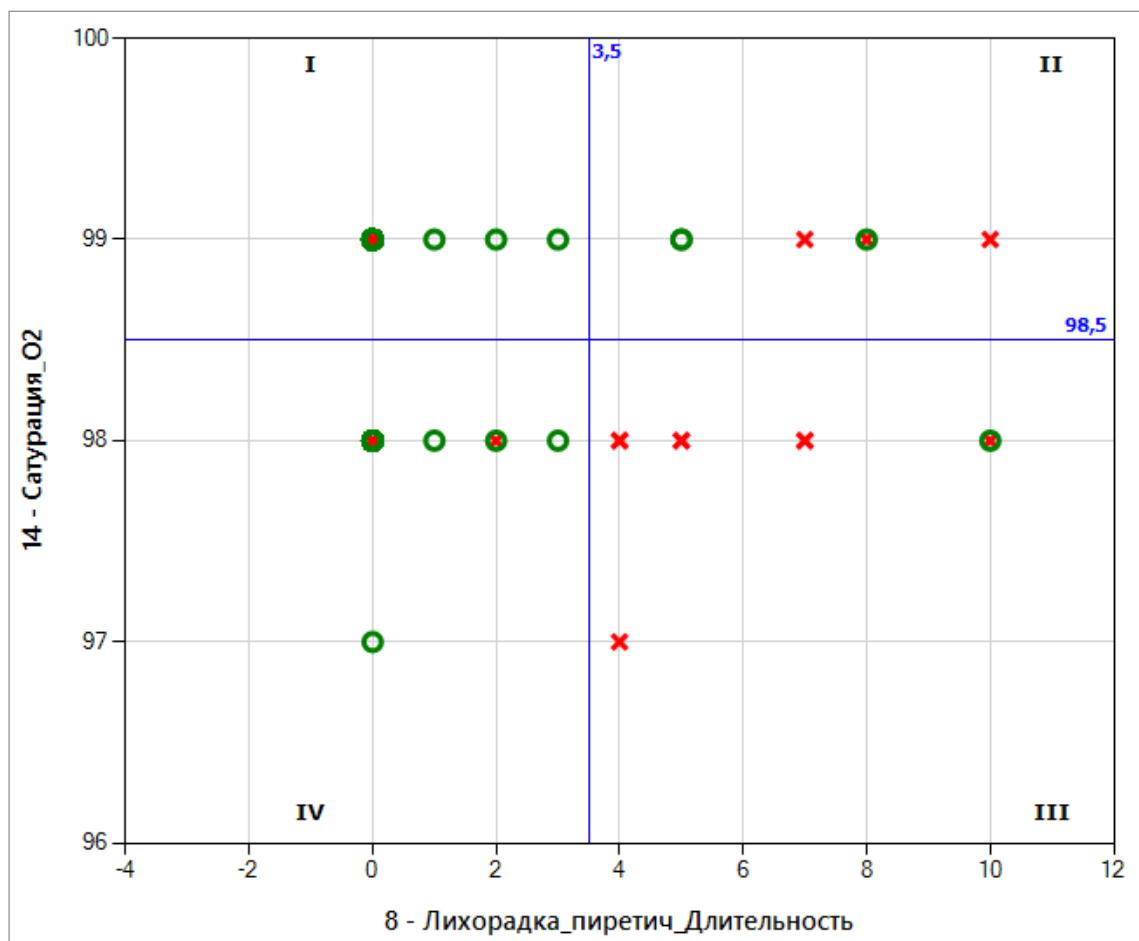


Рис. 2 / Fig. 2. Различия между случаями из группы 1 и 2 по сочетанию длительности пиретической лихорадки (ось X) и сатурации крови (ось Y)* / Differences Between Cases From Groups 1 and 2 in Terms of the Combination of Duration of Pyretic Fever (X-axis) and Blood Saturation (Y-axis)*

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

Примечание / Note: * – Легенда обозначений групп рис. 2 аналогична легенде рис. 1 (крестики и кружки соответственно) / The legend of the group designations in Fig. 2 is similar to the legend in Fig. 1 (crosses and circles, respectively).



в табл. 2, ранее отмечались в научной периодике или клинической практике как информативные для оценки тяжести течения пневмонии в острый или в период реkonвалесценции.

МНОГОФАКТОРНЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ПО КЛИНИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Методы машинного обучения использовались для компьютерной оценки тяжести пневмонии по 4 наборам клинико-лабораторных показателей:

1. В острой стадии заболевания — 16 (табл. 3);
2. В период реkonвалесценции — 10 (табл. 3);
3. Объединение наборов за весь период наблюдения — 26 (табл. 3);
4. Набор из 7 показателей, полученный из 13 показателей после исключения дублирования (табл. 2).

Решали задачу построения алгоритма, с максимальной точностью относящего каждый из случаев в упомянутые ранее группы 1 и 2, формируемые согласно оценкам тяжести экспертом.

В табл. 4 приведены значения ROC AUC для 7 методов машинного обучения, полученные с помощью метода скользящего контроля (LeaveOneOut) системы анализа данных Data Master Azforus.

Из табл. 4 видно, что метод СВС демонстрирует эффективность диагностики показателя ROC AUC для всех четырех наборов показателей. Следует также отметить высокую эффективность логистической регрессии и метода опорных векторов.

Результаты оценки точности диагностики по набору показателей 1 представлены в табл. 5.

Из табл. 4 видно, что эффективность диагностики степени тяжести пневмонии по показателям

в остром периоде (набор 1, 16 показателей) заметно превышает эффективность диагностики по показателям в периоде реkonвалесценции (набор 2, 8 показателей). Одновременное использование показателей обоих периодов не позволяет повысить точность диагностики.

В табл. 5 даны процентные доли правильно классифицированных случаев из групп 1 и 2 для трех наиболее эффективных методов МО табл. 4. Видно, что наиболее высокая доля правильно классифицированных случаев из группы 2 достигается для метода СВС, поскольку в данной задаче для исследования более важна группа 1 — пациенты с тяжелым течением пневмонии. Данная группа лучше распознается с помощью метода опорных векторов и ансамбля методов МО.

На рис. 3 приведены результаты распознавания на 26 показателях за весь период наблюдения для ансамбля из трех наиболее эффективных методов. Ансамбль при распознавании относит случай в тот из классов, в который его определило большинство алгоритмов.

Для ансамбля достигается существенно более высокая чувствительность: 0,93 против значения специфичности — 0,8.

Результаты оценки точности диагностики по объединенному набору показателей 3 (весь период наблюдений) более подробно представлены в табл. 6.

В табл. 6 даны процентные доли правильно классифицированных случаев из групп 1 и 2 для трех наиболее эффективных методов согласно табл. 4, а также их ансамбля. Наиболее высокая

Таблица 4 / Table 4

Результаты ROC-анализа при диагностике степени тяжести пневмонии по 4 наборам показателей / The Results of ROC Analysis in the Diagnosis of Pneumonia Severity According to 4 Sets of Indicators

Методы машинного обучения / Machine learning methods	Набор 1 / Set 1 (16)*	Набор 2 / Set 2 (10)*	Набор 3 / Set 3 (26)*	Набор 4 / Set 4 (7)*
Статистически взвешенные синдромы	0,91	0,82	0,9	0,87
Логистическая регрессия	0,89	0,8	0,89	0,86
Линейный дискриминантный анализ	0,86	0,74	0,84	0,81
Метод опорных векторов	0,9	0,75	0,9	0,79
Градиентный бустинг	0,83	0,74	0,85	0,78
Метод ближайших соседей	0,83	0,63	0,88	0,68
Решающий лес	0,89	0,79	0,88	0,84

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

Примечание / Note.* — в скобках указано число показателей / The number of indicators is shown in parentheses.

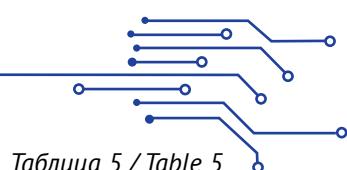


Таблица 5 / Table 5

Эффективность компьютерной диагностики степени тяжести пневмонии по набору показателей в острой стадии заболевания (%) / Effectiveness of Computer Diagnostics of the Severity of Pneumonia According to a set of Indicators in the Acute Stage of the Disease (%)

Методы машинного обучения / Machine learning Methods	Общая точность классификации (%) / Overall classification accuracy (%)	Пациенты (%) / Patients (%)	
		группа 1 / group 1	группа 2 / group 2
Статистически взвешенные синдромы	85	87	85
Логистическая регрессия	88	77	91
Метод опорных векторов	85	55	94
Ансамбль из трех методов	88	71	94

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

доля правильно классифицированных случаев из группы 1 также достигается для метода СВС. Наиболее высокая точность классификации случаев из группы 2 достигается для метода опорных векторов 97% и для ансамбля трех методов 95%. Однако для ансамбля достигается существенно более высокая чувствительность: 76% для ансамбля по сравнению с 95% для метода опорных векторов.

Отметим также, что для набора показателей, известных в период реконвалесценции, наибольшая

эффективность диагностики, достигнутая с использованием метода СВС, характеризовалась долей правильно классифицированных случаев (80%) из группы 2 и долей правильно классифицированных случаев (74%) из группы 1, что существенно хуже эффективности по показателям из острого периода.

Для набора из 7 показателей, сохранивших высокую значимость после поправки по Бонферрони-Холму, наибольшая эффективность диагностики с использованием СВС характеризовалась долей



Рис. 3 / Fig. 3. Результаты применения ансамбля методов МО для набора показателей за весь период наблюдений* / Results of the application of an ensemble of ML methods for a set of indicators for the entire observation period*

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

Примечание / Note.* – ROC AUC = 0,903. Общая точность распознавания на ансамбле 90% / Overall recognition accuracy on the ensemble 90%.

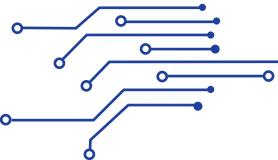


Таблица 6 / Table 6

Эффективность компьютерной диагностики степени тяжести пневмонии по объединенному набору показателей 3 / The Effectiveness of Computer Diagnostics of the Severity of Pneumonia According to a Combined set of Indicators 3

Методы машинного обучения / Machine learning Methods	Общая точность классификации, (%) / Overall classification accuracy, (%)	Пациенты (%) / Patients (%)	
		группа 1 / group 1	группа 2 / group 2
Статистически взвешенные синдромы	85	84	90
Логистическая регрессия	89	77	92
Метод опорных векторов	85	32	97
Ансамбль из трех методов	90	76	95

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

правильно распознанных случаев (80%) и долей правильно классифицированных случаев (81%) из группы 1, что ниже результата, достигнутого для значений набора 1, но несколько лучше результата, достигнутого для показателей из набора 2.

ВЫВОДЫ

Для решения вопроса о госпитализации больного при заболевании COVID-19 исследованы группы пациентов с тяжелой степенью пневмонии и без пневмонии или с нетяжелой ее степенью. Цель исследования была достигнута путем создания системы прогноза тяжести пневмонии по набору наиболее значимых клинико-лабораторных показателей. Выявлены самые значимые из них, которые вместе с границами разбиения представляют собой модель (паттерн) прогноза тяжести пневмонии при COVID-19.

В острой стадии заболевания можно сделать прогноз тяжелой степени тяжести пневмонии по 16 показателям с точностью 87% с помощью метода статистически взвешенных синдромов, группа без пневмонии и нетяжелой степенью ее тяжести лучше распознается с помощью ансамбля из трех методов МО – 94% (ROC AUC = 0,91) (САД ДМА).

При использовании показателей в период реkonвалесценции точность распознавания в обеих группах ниже: ROC AUC = 0,82. Для полного набора показателей результат распознавания ROC AUC = 0,9.

Набор из них 7 показателей, прошедших проверку Бонферрони-Холма, обладает математически достоверной значимостью 0,87 по ROC-анализу.

Таким образом, набор 16 показателей, полученных в остром периоде, можно рекомендовать к использованию для прогноза тяжести пневмонии.

А именно, прогноз в пользу группы с тяжелой степенью сатурации (ниже границы 98,5), а также при наличии пневмонии, изменении веса, дыхательной недостаточности (I и II степени), пиретической лихорадки (температура до 41 °C) и ее длительности более 3,5 дней, головной боли, ИМТ < 34, частоте дыхания выше 16,5, длительности фебрильной лихорадки дольше 6,5 дней, длительности субфебрильной лихорадки дольше 17,5 дней, массе тела <116 кг, повышенной потливости, сухости слизистых, артрита.

Другие значимые показатели несут вспомогательную роль, но не решающую.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено сравнительное исследование 31 пациента с тяжелой формой пневмонии, как осложнения COVID-19 (**группа 1**) и 113 пациентов без пневмонии или с нетяжелой ее формой (**группа 2**), соответствующих КТ 2–4 и КТ 0–1 соответственно, по набору из 105 клинико-лабораторных показателей. Использование стандартных статистических критериев χ^2 и Манна-Уитти, а также поправок на множественное тестирование по Бонферрони-Холму позволило выделить 7 значимых клинико-лабораторных показателей, наблюдавшихся в острый период (дыхательная недостаточность I и II степени, длительность пиретической лихорадки с температурой до 41 °C, сатурация крови и частота дыхания — за исключением дублирования), и 6 значимых показателей, соответствующих периоду реkonвалесценции (изменение веса, длительность астенизации в днях, нарушение сна, выпадение волос, исключая дубли). На методе СВС получен ROC AUC = 0,87.



Использование 26 значимых показателей (включая 16 показателей, соответствующих острому периоду, и 8 показателей, соответствующих периоду реконвалесценции) позволило несколько повысить качество распознавания: общее значение — 90%, чувствительность — 76%, специфичность — 95%. Все найденные показатели ранее отмечались как клинически значимые для оценки тяжести пневмонии.

Наиболее высокая эффективность распознавания принадлежности к группам 1 и 2 выявлена для 18 показателей, соответствующих острому периоду. Эффективность оценена с использованием метода скользящего контроля (LeaveOneOut) на уровне 0,9 по показателю ROC AUC и на уровне 87 и 85% соответственно по чувствительности и специфичности. Эффективность распознавания принадлежности группам 1 и 2 по набору, соответствующему пе-

риоду реконвалесценции, оказалась существенно ниже: ROC AUC = 0,82.

Можно рекомендовать для более точного прогнозирования тяжести пневмонии при COVID-19 использовать одновременно, как набор из 7 показателей, значимых с учетом множественного тестирования, так и набор из 18 информативных показателей, соответствующих острому периоду.

Исследование подтвердило возможность использования технологий машинного обучения для оперативной оценки и прогнозирования степени тяжести пневмонии как осложнения при COVID-19.

Внедрение прогноза методами машинного обучения в практику позволит дополнительно помочь медицинским работникам при решении вопроса о госпитализации больных с пневмонией и будет способствовать улучшению помощи больным из группы риска по тяжелой степени пневмонии.

БЛАГОДАРНОСТИ

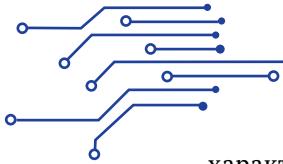
Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам Центрального НИИ эпидемиологии Роспотребнадзора РФ (Москва, Россия) **В.Г. Акимкину, Е.М. Воронину, О.А. Кравцовой, А.А. Плоскиревой, О.В. Сенько** за плодотворное и всестороннее обсуждение работы.

ACKNOWLEDGMENTS

We express our sincere gratitude to the employees of the Central Research Institute of Epidemiology of Rospotrebnadzor of the Russian Federation (Moscow, Russia): **V.G. Akimkin, E.M. Voronin, O.A. Kravtsova, A.A. Ploskireva, O.V. Senko** for their fruitful and comprehensive discussion of the work.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Биличенко Т.Н. Факторы риска, иммунологические механизмы и биологические маркеры тяжелого течения COVID-19 (обзор исследований). *Русский медицинский журнал (РМЖ). Медицинское обозрение.* 2021;5(5):237–244. DOI: 10.32364/2587-6821-2021-5-5-237-244
2. Кудрявцев Ю.С., Берегов М.М., Бердalin А.Б., Лелюк В.Г. Сравнение основных шкал оценки тяжести поражения легких при COVID-19 по данным компьютерной томографии и оценка их прогностической ценности. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2021;102(5):296–303. DOI: 10.20862/0042-4676-2021-102-5-296-303
3. Inoue A., Takahashi H., Ibe T., Ishii H., Kurata Y., Ishizuka Y. et al. Comparison of semiquantitative chest CT scoring systems to estimate severity in coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia. *Eur Radiol.* 2022 May;32(5):3513–3524. DOI: 10.1007/s00330-021-08435-2
4. Hemraj S. K., Jacob M. J., Kotian V., K S.D., G. G.R., Veliath L. B. Chest C. T. Findings and Their Temporal Evolution in COVID-19 Pneumonia. *Cureus.* 2022;14(6):e26021. DOI: 10.7759/cureus.26021
5. Nokiani A. A., Shahnazari R., Abbasi M. A., Divsalar F., Bayazidi M., Sadatnaseri A. COVID-19 Chest CT Quantification: Triage and Prognostic Value in Different Ages. *Clin Med Res.* 2023 Mar;21(1):14–25. DOI: 10.3121/cmr.2023.1772
6. Szabó M., Kardos Z., Kostyál L., Tamáska P., Oláh C., Csányk E. et al. The importance of chest CT severity score and lung CT patterns in risk assessment in COVID-19-associated pneumonia: a comparative study. *Front Med (Lausanne).* 2023 May 17;10:1125530. DOI: 10.3389/fmed.2023.1125530
7. Морозов С.П., Гомболовский В.А., Чернина В.Ю., Блохин И.А., Мокиенко О.А., Владзимирский А.В. и др. Прогнозирование летальных исходов при COVID-19 по данным компьютерной томографии органов грудной клетки. *Туберкулез и болезни легких.* 2020;98(6):7–14. DOI: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14
8. Мелехов А.В., Сайфуллин М.А., Петровичев В.С., Агаева А.И., Голубых К.Ю., Никитин И.Г. Со-поставление данных компьютерной томографии с исходами, клиническими и лабораторными



- характеристиками пациентов с COVID-19. *Архивъ внутренней медицины.* 2021;11(6):447–456. DOI: 10.20514/2226-6704-2021-11-6-447-456
9. Komurcuoglu B., Susam S., Batum Ö., Turk M. A., Salik B., Karadeniz G., et al. Correlation between chest CT severity scores and clinical and biochemical parameters of COVID-19 pneumonia. *Clin Respir J.* 2022Jul;16(7):497–503. DOI: 10.1111/crj.13515
 10. Wang D., Willis D.R., Yih Y. The pneumonia severity index: Assessment and comparison to popular machine learning classifiers. *Int J Med Inform.* 2022;163:104778. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2022.104778
 11. Holm S. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics.* 1979;6(2):65–70.
 12. Senko O.V., Kuznetsova A.V., Matveev I.A., Litvinchev I.S. Chapter VIII. Search of regularities in data: optimality, validity, and interpretability. *Advances of Artificial Intelligence in a Green Energy Environment.* Edited by Pandian Vasant, Joshua Thomas, Elias Munapo, Gerhard-Wilhelm Weber. Elsevier Inc. 2022;151–171.
 13. Сенько О.В., Кузнецова А.В., Воронин Е.М., Кравцова О.А., Борисова Л.Р., Кирилюк И.Л., и др. Методы интеллектуального анализа данных в исследованиях эпидемии COVID-19. *Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика.* 2022;(1):83–96. DOI: 10.33581/2520-6508-2022-1-83-96

REFERENCES

1. Bilichenko T.N. Risk factors, immunological mechanisms and biological markers of severe COVID-19 course (study overview). *Russian Medical Inquiry. Medical review.* 2021;5(5):237–244. (In Russ.). DOI: 10.32364/2587-6821-2021-5-5-237-244
2. Kudryavtsev Y.S., Beregov M.M., Berdalin A.B., Lelyuk V.G. Comparison of the Main Staging Systems for Assessing the Severity of Lung Injury in Patients with COVID-19 and Evaluation of Their Predictive Value. *Journal of radiology and nuclear medicine.* 2021;102(5):296–303. (In Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2021-102-5-296-303
3. Inoue A., Takahashi H., Ibe T., Ishii H., Kurata Y., Ishizuka Y. et al Comparison of semiquantitative chest CT scoring systems to estimate severity in coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia. *Eur Radiol.* 2022;32(5):3513–3524. DOI: 10.1007/s00330-021-08435-2
4. Hemraj S.K., Jacob M.J., Kotian V. K. S.D., G. G.R., Veliaith L.B. Chest CT Findings and Their Temporal Evolution in COVID-19 Pneumonia. *Cureus.* 2022;14(6):e26021. DOI: 10.7759/cureus.26021
5. Nokiani A.A., Shahnazari R., Abbasi M.A., Divsalar F., Bayazidi M., Sadatnaseri A. COVID-19 Chest CT Quantification: Triage and Prognostic Value in Different Ages. *Clin Med Res.* 2023Mar;21(1):14–25. DOI: 10.3121/cmr.2023.1772
6. Szabó M., Kardos Z., Kostyál L., Tamáska P., Oláh C., Csányk E. et al. The importance of chest CT severity score and lung CT patterns in risk assessment in COVID-19-associated pneumonia: a comparative study. *Front Med (Lausanne).* 2023;10:1125530. DOI: 10.3389/fmed.2023.1125530
7. Morozov S.P., Gombolevskiy V.A., Chernina V. Yu., Blokhin I.A., Mokienko O.A., Vladzimirskiy A. V. et al. Prediction of lethal outcomes in COVID-19 cases based on the results chest computed tomography. *Tuberculosis and Lung Diseases.* 2020;98(6):7–14. (In Russ.). DOI: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14
8. Melekhov A.V., Sayfullin M.A., Petrovichev V.S., Agaeva A.I., Golubykh K. Yu., Nikitin I. G. Association of Computer Tomography Features Of COVID-19 with Outcomes, Clinical and Laboratory Parameters. *The Russian Archives of Internal Medicine.* 2021;11(6):447–456. (In Russ.). DOI: 10.20514/2226-6704-2021-11-6-447-456
9. Komurcuoglu B., Susam S., Batum Ö., Turk M. A., Salik B., Karadeniz G. et al. Correlation between chest CT severity scores and clinical and biochemical parameters of COVID-19 pneumonia. *Clin Respir J.* 2022;16(7):497–503. DOI: 10.1111/crj.13515
10. Wang D., Willis D.R., Yih Y. The pneumonia severity index: Assessment and comparison to popular machine learning classifiers. *Int J Med Inform.* 2022;163:104778. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2022.104778
11. Holm S. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics.* 1979;6(2):65–70.
12. Senko O.V., Kuznetsova A.V., Matveev I.A., Litvinchev I.S. Chapter VIII. Search of regularities in data: optimality, validity, and interpretability. *Advances of Artificial Intelligence in a Green Energy Environment.* Edited by Pandian Vasant, Joshua Thomas, Elias Munapo, Gerhard-Wilhelm Weber. Elsevier Inc. 2022;151–171.



13. Senko O.V., Kuznetsova A.V., Voronin E.M., Kravtsova O.A., Borisova L.R., Kirilyuk I.L., Akimkin V.G. Methods of intellectual data analysis in COVID-19 research. *Journal of the Belarusian State University. Mathematics and Informatics.* 2022;(1):83–96. (In Russ.). DOI: 10.33581/2520-6508-2022-1-83-96

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTORS

Анна Викторовна Кузнецова — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории математической биофизики Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

Anna V. Kuznetsova — PhD Sci. (Bio), Senior Researcher Laboratory of Mathematical Biophysics of the Institute of Biochemical Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
<http://orcid.org/0000-0003-2705-1935>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:
azforus@yandex.ru

Людмила Робертовна Борисова — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и анализа данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Lyudmila R. Borisova — Cand. Sci. (Phys. And Math.) Assoc. Prof., Department of Mathematics and Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
<http://orcid.org/0000-0002-5757-0341>
lrborisova@fa.ru

Ирина Алексеевна Демина — кандидат медицинских наук, врач городской клинической больницы им. С.П. Боткина, лаборант-исследователь Центрального НИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва, Российская Федерация

Irina A. Demina — Cand. Sci. (Med.), physician of the S.P. Botkin City Clinical Hospital, Laboratory Assistant-Researcher of the Central Research Institute of Epidemiology, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russian Federation
<http://orcid.org/009-0002-2802-0831>
doctor.demira@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 29.04.2025; принята к публикации 05.04.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received 29.04.2025; accepted for publication 05.04.2025.

The authors read and approved the final version of the manuscript.



УДК 378.147:004.8+37.01:007(045)

Технологии искусственного интеллекта в современном высшем образовании России

И.Ю. Седых, М.Б. Хрипунова

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) затронуло практически все сферы социально-экономической жизни общества. Отношение к этому феномену разное. Так, например, общество неоднозначно относится к ИИ в образовании. Многие очень уважаемые и титулованные представители сообщества науки и образования негативно относятся к такой практике, запугивая нас захватом человечества «умными машинами». На наш взгляд, процесс расширения возможностей применения ИИ в образовании неизбежен. В настоящей статье сделана попытка проанализировать положительные и отрицательные стороны применения ИИ в сфере высшего образования России. На основе проведенного исследования определены его основные понятия и сделана попытка оценить роль и возможности ИИ в улучшении качества учебного процесса во всех его аспектах: эффективности получения знаний, автоматизации оценивания и документооборота, индивидуального подхода, активации научной деятельности студентов, социальной адаптации и психологической помощи. Фактически, он поможет решать все педагогические задачи, стоящие перед вузом и преподавателями. Отдельное внимание авторами удалено выявлению и оценке негативных моментов применения ИИ в высшем образовании (возможности академического мошенничества; отсутствие эмпатии в случае полной замены человека на ИИ; недостаточная степень защищенности данных; недостаток гибкости и адаптивности к изменениям в текущем моменте; ограничение свобод выбора, ограниченность в творческих областях). В работе отмечены основные нейросети, используемые современными студентами и рассмотрены отличия возможностей использования ИИ в России и иных странах. Авторы подчеркивают, что при совершенствовании образовательного процесса, наряду с улучшением качества образования, нельзя забывать о такой важной составляющей педагогической работы, как воспитание гармоничной духовно-нравственной личности. Все технологии должны работать под контролем человека и постоянно совершенствоваться, чтобы эффективно поддерживать образовательный процесс на качественно необходимом уровне.

Ключевые слова: искусственный интеллект; высшее образование; вуз; учебный процесс; современные студенты; повышение эффективности; переподготовка; академическое мошенничество; нейросети; чат-бот

Для цитирования: Седых И.Ю., Хрипунова М.Б. Технологии искусственного интеллекта в современном образовании России. Цифровые решения и технологии искусственного интеллекта. 2025;1:20-27.

ORIGINAL PAPER

Artificial Intelligence Technologies in Modern Higher Education of the Russian Federation

I.Yu. Sedykh, M.B. Khrapunova

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The development and implementation of artificial intelligence (AI) in all spheres of socio-economic life are currently relevant. Attitudes towards this phenomenon vary. Society's attitude towards AI in education is ambiguous. Many, including highly respected and titled individuals, are negative towards this practice, warning of the capture of humanity by "smart machines." In our opinion, the expansion of AI in education is inevitable. We define the basic concepts and analyze the positive and negative aspects of AI application in Russian Higher Education. Based on the research, we conclude that AI can undoubtedly help improve the quality of the educational process in all its aspects: efficiency of knowledge acquisition, automation of assessment and document management, individual approach, activation of students' scientific activities, social adaptation, and psychological assistance. That is, it will help solve all pedagogical tasks facing the University and teachers. We substantiate the negative aspects of AI in higher education, such as new opportunities for academic fraud; lack of empathy in case of complete replacement of humans by AI; insufficient data security; lack of flexibility and adaptability to changes in the current moment; limitation of freedom of choice, limitations

© Седых И.Ю., Хрипунова М.Б., 2025



in creative fields. The paper notes the main neural networks used by modern students. The differences in the possibilities of using AI in Russia and Western countries are considered. The necessity of paying attention to the education of a moral and patriotic member of our society, along with improving the quality of education, is noted when improving the educational process. All technologies must operate under human control, and digital technologies must be improved to increase efficiency.

Keywords: artificial intelligence; higher education; university; educational process; modern students; efficiency improvement; retraining; academic fraud; neural networks; chatbot

For citation: Sedykh I.Yu., Khrupunova M.B. Artificial intelligence technologies in modern higher education of the Russian Federation. *Digital Solutions and Artificial Intelligence Technologies*. 2025;1:20-27.

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир, включая Россию, переживает эпоху стремительного развития цифровых технологий и информационной революции. Ключевую роль в преобразовании различных сфер жизни, в том числе образования, играет искусственный интеллект.

В целях обеспечения терминологической точности отметим основные понятия, используемые в статье.

Искусственный интеллект определяется как область компьютерных наук, направленная на разработку программно-аппаратных комплексов, способных имитировать когнитивные функции человека.

Нейронная сеть (искусственная нейронная сеть) представляет собой математическую модель, имитирующую структуру и функционирование нейронных сетей головного мозга.

Проанализируем достоинства и недостатки развития искусственного интеллекта в контексте образовательных технологий.

Технологии стремительно совершенствуются, нейросеть обучается принимать решения для все более широкого круга задач — от советов по психологии до математически сложных криптозадач [1]. Глобальное преимущество искусственного интеллекта — его доступность и простота использования. Так, он помогает разобраться в информации, которая раньше была доступна только экспертам, оптимизировать и автоматизировать рутинные задачи, ранее требовавшие значительного внимания со стороны человека, а искусственные алгоритмы позволяют устраниить человеческий фактор, исключив влияние психологических, физических или социальных факторов на процесс анализа данных и принятия решений.

К сожалению, использование искусственного интеллекта в образовании неразрывно связано с таким явлением, как академическое мошенничество — проблема современного образования, повлиявшее на пересмотр рабочих программ, дисциплин и форм, и методик обучения в высшей школе. Между преподавателями и студентами фактически идет на-

стоящая цифровая война. Хотелось бы, чтобы в этой войне победили знания и профессионализм [2].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАНИИ

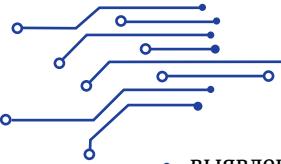
По данным предметного рейтинга вузов мира от агентства Quacquarelli Symonds (QS) на 2025 год¹, есть пять крупных предметных областей: искусство и гуманитарные науки; инженерия и технологии; медицина и науки о жизни; естественные науки; социальные науки и менеджмент. В каждой из областей есть рейтинги по отдельным дисциплинам, всего их 55. Кроме того, существуют различные классификации образовательных программ и направлений при вузах, например, по отраслям народного хозяйства. К таким областям относятся экономические, юридические, педагогические, медицинские, ИТ-программы, творческие, технические, агропромышленные и другие.

Сфера интересов исследования авторов и настоящей статьи по применению искусственного интеллекта в образовательных областях лежит в плоскости математического высшего образования в экономическом вузе. Рассмотрим положительные и отрицательные стороны применения нейросетей [3].

Благодаря искусственному интеллекту модернизированы и автоматизированы следующие направления педагогическо-документационной рутины в образовании:

- оценка активности и успеваемости студентов: создание цифрового кампуса, где формируется и хранится вся цифровая информация об учащихся и баллы, полученные им за работу;
- персонализация обучения: искусственный интеллект может помочь создать индивидуальную программу сдачи тестов согласно особенностям и потребностям каждого обучающегося;
- новые методы обучения: гибридные среды, новые формы учебников и задачников;

¹ URL: <https://www.forbes.ru/education/532758-rossijskij-vuz-okazalsa-v-desatke-luchih-predmetnogo-rejtinga-q3-2025-goda>



- выявление фактов мошенничества: с помощью искусственного интеллекта можно отследить цифровой путь, «след» решения и обнаружить признаки списывания;
- автоматизация документооборота: ведение всей документации в цифровом формате, включая проставление семестровых оценок, запись на курсы;
- помочь преподавателям: при подготовке к занятиям и генерации, например, тестовых заданий;
- педагогические исследования: для анализа эффективности применяемых методик, динамики результатов, изучения психологического климата [3].

В целом, все вышеперечисленное указывает на несомненную целесообразность использования искусственного интеллекта в высшем образовании².

К сожалению, использование искусственного интеллекта в образовании неразрывно связано с таким явлением, как академическое мошенничество — проблема современного образования³ [4]. Согласно концепции научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030–2035 гг. определен основной государственный приоритет — переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, в числе которых выделено отдельное направление внедрение искусственного интеллекта во все сферы жизнедеятельности⁴.

Тема цифровой этики в современных реалиях становится важным направлением развития образовательных учреждений страны. Однако задача усложняется тем, что высокий уровень качества обратной связи от инструментов искусственного интеллекта приводит к повсеместному распространению среди обучающихся заимствованию материалов — плагиату [5]. Сегодня молодежь воспринимает тематическую генерацию и заимствование материалов почти нормой академического поведения. Уже не первый год на регулярной основе проводятся исследования на тему восприятия студентами нечестности однокурсников «списывающих» из сети, свидетельствующие о том, что плагиат воспринимается как данность. Причины академического мошенничества определены и описаны в различных исследованиях [6].

² URL: <https://skillbox.ru/media/education/iskusstvennyy-intellekt-v-obrazovanii-izuchаем-realnyu-praktiku>

³ URL: <https://habr.com/ru/news/904968/>; <https://vc.ru/ai/1600637-detektory-ii-nespravedlivyye-obvinyayut-studentov-v-moshennichestve-s-sereznymi-posledstviyami>

⁴ Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_470973/?ysclid=lxokxdkudz719963776

Несмотря на то что существует множество ресурсов проверки информации на уникальность, они не всегда корректно определяют заимствованные части текста в студенческих и даже научных работах, выявляя низкий уровень плагиата при их подготовке. Поэтому негативное отношение к самому факту и возможности использования чужого материала студентами выводят на первый план тему цифровой этики в научной и образовательной среде. Пересмотр точности внутренних систем проверки работ, разработка новых алгоритмов оценки уникальности и выявления плагиата, а также недопущение к заключительным экзаменам и аттестациям обучающихся, уличенных в обмане⁵, усилят меры борьбы с проблемой академического мошенничества.

Важно отметить, что цифровая этика как необходимый компонент цифрового развития общества имеет низкий уровень не только в России. Академическая непорядочность среди обучающихся — проблема всего мирового сообщества, и налицоует как в развитых европейских странах с развитой многовековой системой фундаментального образования, так и в развивающихся.

ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАНИИ

За последние годы более 260 вузов России разработали в учебные планы образовательные технологии по направлениям, связанным с искусственным интеллектом [7]. Также нейросети применяются в сфере обучения soft-скиллам — профессиональным навыкам и желательным качествам специалиста по его будущей отраслевой специализации.

Одно из активно развивающихся направлений — создание чат-ботов — программ, имитирующих беседу между людьми. Этот диалог осуществляется с помощью различных цифровых инструментов, от текстовых сообщений до общения с виртуальным собеседником. Чат-боты работают с помощью искусственного интеллекта, все время обучаясь. Их легко создать.

Приведем примеры использования искусственного интеллекта в образовании: в Южно-Уральском государственном университете создан чат-бот «Сократ» для адаптации иностранных студентов; в Томском госуниверситете внедрена платформа Plario для тренингов по математике с отстающими студентами; в Финансовом университете опробована система мониторинга заинтересованности студентов на занятиях с помощью программы распознавания

⁵ URL: <https://science-education.ru/article/view?id=33547>



образов; в Казанском (Приволжском) федеральном университете генерируются цифровые аватары для онлайн-лекций, применяются чат-боты и в ВШЭ и МФТИ. Так, программа «Антиплагиат» также работает с помощью искусственного интеллекта.

Перечислим наиболее существенные достоинства использования искусственного разума в высшей школе:

- персонализация обучения. Нейросети проводят анализ уровня знаний каждого студента, создавая для каждого индивидуальную учебную траекторию, отслеживая прогресс;
- оптимизация учебного процесса. Робот выполняет рутинные задачи, такие как проверка тестов и т.п., освобождая время преподавателей для более творческой и аналитической работы;
- гибкое обучение. Система на базе машинного обучения подбирает сложность заданий в зависимости от уровня знаний студента, обеспечивает комфортный темп обучения и предотвращает переутомление;
- объективная оценка знаний. Нейросеть проводит беспристрастный анализ работ студентов. Это особенно полезно для больших учебных групп, где преподаватель не может уделить достаточно внимания каждому;
- доступность высшего образования. Искусственный интеллект позволяет учиться онлайн в удобное время из любой точки мира;
- инновационные методы обучения. Роботизация процессов дает возможность развивать и внедрять новые подходы в образовательный процесс, такие как виртуальная и дополненная реальности, интерактивные программы и геймификация;
- прогнозирование успеваемости. Нейросеть может рассчитать вероятность успешного завершения студентом учебного курса или программы. Это позволяет своевременно оказать ему необходимую помощь и поддержку.

В целом, у внедрения искусственного интеллекта в высшее образование есть большой потенциал для улучшения образовательного процесса и повышения его эффективности [8–11].

Несмотря на позитивное развитие и успешное применение в высшей школе, у нейросетей есть значительные недостатки:

- безопасность данных — существенный недостаток всех цифровых систем. Базы данных могут быть взломаны и использованы третьими лицами в неблаговидных целях;
- дискриминация. Все системы в силу специфики настройки могут дискриминировать студентов на основе самых разнообразных факторов;

- ответственность. Если искусственный интеллект ошибся и, к примеру, неверно построил образовательную траекторию, кто ответит за эту ошибку? Цена такой ошибки высока;

- недостаток живого человеческого общения может привести к депрессии, десоциализации и даже возникновению психических болезней, таких как хихикомори;

- ограниченность выбора для студентов. ИИ-системы могут сужать возможности студентов в выборе учебных курсов и специализаций;

- отсутствие эмоционального интеллекта. ИИ не способен проявлять человеческое сочувствие и эмпатию [9–12];

- трудности с творческими задачами. Нейросеть может некорректно создавать и оценивать задания, требующие творческого, креативного подхода.

Поскольку образование оказывает колossalное влияние на жизнь человека, полная передача ответственности за обучение профессиональному интеллекту на данном этапе развития технологий не представляется возможной.

Поэтому, внедряя любые технологии в образовательные проекты, необходимо⁶:

- обеспечивать контроль качества их работы;
- соблюдать этические нормы и принципы прозрачности;
- использовать автоматизацию как инструмент для оптимизации работы преподавателей, а не для их замены;
- сохранять человеческий подход в процессе обучения.

НЕЙРОСЕТИ

Когда речь заходит об искусственном интеллекте, пожалуй, самым известным проектом сегодня является ChatGPT. Но мало кто знает, что история этой нашумевшей нейросети началась еще в 2019 г. с создания первого GPT (Generative Pretrained Transformer)⁷. Эта ранняя версия, хоть и была пионером, не получила широкой популярности.

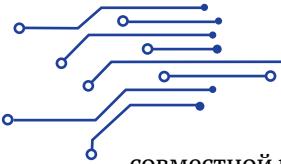
Однако разработчики не остановились на достигнутом. В том же 2019 г. была представлена GPT-2, а в 2020 г. — GPT-3. Развитие продолжалось, и в ноябре 2022 г. появилась версия GPT-3.5, которая уже продемонстрировала впечатляющие возможности⁸.

Но настоящий прорыв совершила нейросеть GPT-4, выпущенная 14 марта 2023 г. Этот проект — результат

⁶ URL: <https://ai.gov.ru/ai/education/>

⁷ URL: <https://sky.pro/wiki/python/istoriya-razvitiya-gpt-modelej/>

⁸ URL: <https://rb.ru/analytics/all-about-chatgpt/>



совместной работы двух гигантов технологической индустрии — Microsoft и OpenAI. GPT-4 вывел возможности искусственного интеллекта на совершенно новый уровень, став базовой основой для того ChatGPT, который мы знаем и используем сегодня.

Этот чат-бот, построенный на архитектуре глубокого обучения, обучен на огромном массиве данных, что позволяет ему понимать и отвечать на широкий спектр вопросов. Он может генерировать тексты различных стилей, писать стихи, создавать рефераты, предлагать кулинарные рецепты и даже генерировать запросы для других нейросетей. Более того, он способен решать сложные задачи, такие как математические уравнения, задачи по физике и химии, а также писать код и генерировать аналитические отчеты.

ChatGPT отличается от других чат-ботов двумя ключевыми особенностями: он запоминает контекст беседы, отслеживая предыдущие вопросы пользователя, и обладает встроенной системой модерации, которая фильтрует неприемлемые запросы и предотвращает распространение ложной информации.

База знаний ChatGPT уже не ограничена событиями до 2021 г.⁹, а система модерации может блокировать контент, который считает небезопасным или токсичным. Однако, как и любая нейросеть, ChatGPT не идеален и может генерировать убедительные, но неверные ответы. Пользователям следует критически оценивать информацию, полученную от чат-бота, и полагаться на собственные знания и опыт [8].

Несмотря на существующие недостатки, ChatGPT знаменует собой существенный прогресс в сфере взаимодействия человека и машины. Он способен автоматизировать повторяющиеся задачи, представлять необходимую информацию и создавать контент, тем самым освобождая время и ресурсы для более креативной и сложной деятельности. В задачах, поддающихся алгоритмизации, где важна скорость и непрерывность, он демонстрирует превосходство над человеком, обеспечивая сопоставимое качество результатов при минимальных затратах.

В России доступны аналоги ChatGPT, такие как Microsoft Copilot и Google Gemini GigaChat от «Сбера», YandexGPT от «Яндекса» и Qwen 2.5¹⁰. Доступ к web-версии Microsoft Copilot и мобильным приложениям из России можно получить, изменив IP-адрес через VPN. Приложение Copilot для Android недоступно

⁹ URL: <https://habr.com/ru/news/763972/>

¹⁰ URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/analogi-chatgpt-dlya-rossii-v-2024-godu>

в российском Google Play, но версию для iOS и iPadOS можно скачать из AppStore. В России доступны нейросети, которые могут помочь создавать тексты, изображения, музыку и многое другое. Эти чат-боты понимают русский язык и работают сразу без обходных путей. Среди них Le Chat от европейской студии Mistral, DeepSeek от китайского стартапа, Qwen от концерна Alibaba, Perplexity, Gigachat от российского «Сбера»¹¹.

Западные санкции оказали минимальное влияние на российскую ИИ-индустрию, так как российский бизнес и госсектор в большинстве внедрений использовали отечественные решения. Разработки российских компаний базируются либо на собственных нейросетевых моделях, либо на больших языковых моделях (LLM) «Сбера» и «Яндекса», либо на Open-Source-моделях.

В декабре 2023 г. Роскомнадзор распорядился заблокировать в российском сегменте интернета поискового робота GPTBot компании OpenAI, который занимается сбором информации для ChatGPT, Copilot¹² и некоторых других нейросетевых чат-ботов.

Итак, в России без ограничений работают такие нейросети, как ChatGPT, YandexGPT, Rosebud AI, MacWhisper, SteosVoice.

Все эти инструменты активно используются нашими студентами в образовательном процессе.

Приведем один пример: при написании работы по анализу биржевой деятельности компаний, относящихся к «голубым фишкам»¹³, студентам необходимо описать эти компании. Здесь приходит на помощь нейросеть. По названию за доли минуты она генерирует аналитическую записку по выбранной компании, сокращая время ручного поиска.

Другой пример: студент готовится к экзамену по, например, анализу данных, и не может решить задачу, он обращается к искусенному интеллекту, получает решение с разбором. Таким образом, решение всего класса таких задач он освоил. Однако и примеров неблаговидного использования нейросетей студентами для академического мошенничества предостаточно. Искусственный разум мы не в силах запретить, а значит, нужно менять программы курсов и методы оценивания знаний [9].

Рассмотрим отличия возможностей использования искусственного интеллекта в России и западных странах:

¹¹ URL: https://www.iguides.ru/main/other/sobrali_luchshie_chat_bots_v_meste_chatgpt_kotorye_rabotayut_v_rossii_bez_obkhodnykh_putey_dlya_ios_i/

¹² URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6396195>

¹³ URL: <https://broker.finam.ru/article/golubye-fishki-rossiyskogo-tynka-aktsiy-142495/>



- уровень развития инфраструктуры и научных исследований. США и Китай лидируют по степени развития инфраструктуры и количеству научных исследований в сфере ИИ¹⁴;

- страны соперничают друг с другом по таким показателям, как объем доступных данных, разнообразие областей применения искусственного интеллекта и объем инвестиций в эту сферу. Также важную роль играют стратегии распространения технологий. Американские и российские компании в основном предпочитают закрытую модель разработки искусственного интеллекта, в то время как китайские разработчики активно используют подход открытого исходного кода;

- типы ИИ-разработок в России. В России наблюдается дефицит собственных разработок в области генеративного ИИ. Более развит прикладной алгоритмический тип, применяющийся в различных отраслях, включая промышленность, медицину и логистику и пр.;

- зависимость от импорта. Россия испытывает зависимость от импорта видеокарт, необходимых для высокопроизводительных вычислений, поскольку ключевые производители видеокарт – американские компании Nvidia и AMD¹⁵.

- конкурентоспособность российских моделей. Существует мнение, что российские модели искусственного интеллекта вполне конкурентоспособны по сравнению с западными аналогами, особенно в части понимания русского языка и языков народов СНГ. Ключевым преимуществом отечественных больших языковых моделей (LLM) является более глубокое понимание русского языка, обусловленное использованием более качественных текстовых данных на русском языке.

По данным на ноябрь 2024 г., Россия заняла 29-е место в мировом рейтинге развития нейросетей, где лидируют США и Китай¹⁶.

Влияние искусственного интеллекта на различные сферы жизни становится все более ощутимым. Подобно тому, как оперативно трансформируется

финансовый сектор, потенциально сокращая роль брокеров и посредников, искусственный интеллект оказывает существенное воздействие и на систему высшего образования [10].

ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Внедрение нейросетей в образовательный процесс открывает новые возможности для персонализации обучения, повышения эффективности оценки знаний и создания инновационных образовательных программ. Это делает образование более доступным и адаптированным к индивидуальным потребностям каждого студента.

Но, наряду с преимуществами, возникают и серьезные вопросы. Внедрение искусственного интеллекта в образовательный процесс может привести к сокращению рабочих мест для преподавателей и других специалистов области образования. Кроме того, существует риск, что искусственный интеллект, не учитывая личные особенности студента и контекст вводимой информации, может допускать ошибки в обучении.

Важно помнить, что образование – это не только трансляция знаний и приобретение профессиональных навыков, но и важная социальная функция человека разумного, формирующая его гражданскую позицию и моральные принципы, отвечающая за нравственное воспитание, которое невозможно заменить безэмоциональными компьютерными алгоритмами.

ВЫВОДЫ

Развитие и интеграция искусственного интеллекта в высшее образование – объективный и неизбежный процесс. Он открывает широкие возможности для повышения эффективности, доступности и качества обучения. Технологии искусственного интеллекта становятся неотъемлемой частью современного высшего образования в России, значительно повышая качество образовательного процесса и открывая новые возможности для студентов и преподавателей. Внедрение нейросетей способствует персонализации обучения, автоматизации рутинных задач и расширению доступа к знаниям, что особенно важно в условиях динамично меняющегося мира. Для наилучшего использования всех возможностей машинного интеллекта в образовании необходима переподготовка преподавательских кадров: организация повышений квалификации преподавателей и сотрудников вузов, консульта-

¹⁴ URL: <https://www.bittrue.com/ru/blog/us-ai-vs-china-ai-comparison>; https://translated.turopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4a4d3430-6822010e-7bf82c63-74722d776562/https/www.analyticsvidhya.com/blog/author/sabreena/

¹⁵ URL: https://www.cnews.ru/news/top/2022-09-01_amerika_zapretila_postavki; <https://hyperpc.ru/blog/gaming-pc/nvidia-vs-amd>

¹⁶ URL: <https://3dnews.ru/1114503/ssha-i-kitay-lidiruyut-porazvitiosti-infrastrukturi-ii-no-ustupayut-prochim-stranam-v-zakonodatelnom-regulirovaniyu-sferi>



ции с ведущими специалистами в сфере разработки искусственного интеллекта и машинного обучения.

Однако успешная интеграция этих технологий требует внимания к вопросам этики, безопасности данных и подготовки кадров, способных эффективно работать с ИИ-инструментами. Только при ответственном использовании искусственного интеллекта, опирающегося на принципы гуманизма

и профессиональной этики, можно добиться его позитивного влияния на образовательную систему. Главная цель каждого человека — сделать технологии своими помощниками, а не его заменой.

Таким образом, дальнейшее развитие и адаптация искусственного интеллекта в вузах России обещают значительный потенциал для повышения конкурентоспособности российского высшего образования на международной арене.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Фомина А.Н. Проблемы и перспективы развития рынка искусственного интеллекта в России. *Вопросы инновационной экономики*. 2022;12(2):1051–1068. DOI: 10.18334/vinec.12.2.114607
- Мартыненко Т.С., Добринская Д.Е. Социальное неравенство в эпоху искусственного интеллекта: от цифрового к алгоритмическому разрыву. *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2021;(1):171–192. DOI: 10.14515/monitoring.2021.1.1807
- Сушкова И.А., Мамаева Л.Н. Искусственный интеллект в экономике и системе экономической безопасности. *Вестник Российской экономического университета имени Г.В. Плеханова*. 2023;(4):44–53. DOI: 10.21686/2413-2829-2023-4-44-53
- Седых И.Ю., Хрипунова М.Б. Академическое мошенничество студентов. *Право и образование*. 2024;(10):28–34. URL: <https://www.elibrary.ru/bolsmi>
- Сысоев П.В. Этика и ИИ-плагиат в академической среде: понимание студентами вопросов соблюдения авторской этики и проблемы плагиата в процессе взаимодействия с генеративным искусственным интеллектом. *Высшее образование в России*. 2024;33(2):31–53. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-31-53
- Кичерова М.Н., Ефимова Г.З. Образовательные квесты как креативная педагогическая технология для студентов нового поколения. *Мир науки*. 2016;4(5):28. URL: <https://www.elibrary.ru/ziplmd>
- Коровникова Н.А. Искусственный интеллект в образовательном пространстве: проблемы и перспективы. *Социальные новации и социальные науки*. 2021;(2):98–113. DOI: 10.31249/snsn/2021.02.07
- Лукичёв П.М., Чекмарев О.П. Риски применения искусственного интеллекта в системе высшего образования. *Вопросы инновационной экономики*. 2024;14(2):463–482. DOI: 10.18334/vinec.14.2.120731
- Букина Т.В. Искусственный интеллект в образовании. *Общество: социология, психология, педагогика*. 2025;(1):76–83. DOI: 10.24158/spp.2025.1.9
- Ивахненко Е.Н., Никольский В.С. ChatGPT в высшем образовании и науке: угроза или ценный ресурс? *Высшее образование в России*. 2023;32(4):9–22. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-4-9-22
- Стародубцев В.А., Нерадовская О.Р. Искусственный интеллект и иммерсивные технологии в высшем педагогическом образовании. *Открытое образование*. 2024;28(2):13–23. DOI: 10.21686/1818-4243-2024-2-13-23
- Beege M., Hug C., Nerb J. AI in STEM education: The relationship between teacher perceptions and ChatGPT use. *Computers in Human Behavior Reports*. 2024, 16. Article 100494. DOI: org/10.1016/j.chbr.2024.100494

REFERENCES

- Fomina A.N. Problems and prospects of development of the artificial intelligence market in Russia. *Issues of innovative economics*. 2022;(2):1051–1068. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.12.2.114607
- Martynenko T.S., Dobrinskaya D.E. Social inequality in the era of artificial intelligence: from digital to algorithmic gap. *Monitoring public opinion: economic and social changes*. 2021;(1):171–192. (In Russ.). DOI: 10.14515/monitoring.2021.1.1807
- Sushkova I.A., Mamaeva L.N. Artificial intelligence in economics and the economic security system. *Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2023;(4):44–53. (In Russ.). DOI: 10.21686/2413-2829-2023-4-44-53
- Sedykh I. Yu., Khripunova M. B. Academic fraud of students. *Law and education*. 2024;(10):28–34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/bolsmi>
- Sysoyev P.V. Ethics and AI-Plagiarism in an Academic Environment: Students' Understanding of Compliance with Author's Ethics and the Problem of Plagiarism in the Process of Interaction with Generative Artificial



- Intelligence. *Higher Education in Russia*. 2024;33(2): 31–53. (In Russ.). DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-31-53
- 6. Kicherova M.N., Efimova G.Z. Educational quests as a creative educational technology for students of the new generation. *Mir nauki*. 2016;4(5):28. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/ziplmd>
 - 7. Korovnikova N.A. Artificial intelligence in the educational space: problems and prospects. *Social innovations and social sciences*. 2021;(2):98–113. (In Russ.). DOI: 10.31249/snsn/2021.02.07
 - 8. Lukichyov P.M., & Chekmarev O.P. Risks of artificial intelligence in higher education. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2024;14(2):463–482. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.14.2.120731
 - 9. Bukina T.V. Artificial intelligence in education. *Society: sociology, psychology, pedagogy*. 2025;(1):76–83. (In Russ.). DOI: 10.24158/spp.2025.1.9
 - 10. Ivakhnenko E.N., Nikolsky V.S. ChatGPT in higher education and science: a threat or a valuable resource? *Higher education in Russia*. 2023;32(4):9–22. (In Russ.). DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-4-9-22
 - 11. Starodubtsev V.A., Neradovskaya O.R. Artificial intelligence and immersive technologies in higher pedagogical education. *Open education*. 2024;28(2):13–23. (In Russ.). DOI: 10.21686/1818-4243-2024-2-13-23
 - 12. Beege M., Hug C., Nerb J. AI in STEM education: The relationship between teacher perceptions and ChatGPT use. *Computers in Human Behavior Reports*. 2024, 16. Article 100494. DOI: 10.1016/j.chbr.2024.100494

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Ирина Юрьевна Седых – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математики и анализа данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Irena Yu. Sedykh – Cand. Sci. (Phys. and Math.), Ass. Prof., Ass. Prof. of Department of Mathematics and Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-5912-2614>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:
isedih@fa.ru

Марина Борисовна Хрипунова – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математики и анализа данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Marina B. Khrripunova – Cand. Sci. (Phys. and Math.), Ass. Prof., Ass. Prof. of Department of Mathematics and Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0009-0006-9848-7495>
mbkhrripunova@fa.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 29.04.2025; принята к публикации 05.05.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 29.04.2025; accepted for publication 05.05.2025.

The authors read and approved the final version of the manuscript.



УДК 316.334.2:004.738.5(045)

Роль единой цифровой платформы в трансформации рынка труда России

А.И. Богомолов

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

В статье обосновывается трансформация рынка труда в связи с переходом общества в информационную стадию развития и его влияние на демографическую ситуацию в стране. Цель исследования – оценить перспективы развития единой цифровой платформы (ЕЦП) в социальной сфере и ее роль в этих процессах. **Методология** исследования базируется на комплексном анализе взаимосвязи происходящих в обществе изменений: развитие гиг-экономики*, платформенной занятости и самозанятости и задач, стоящих перед единой цифровой платформой в социальной сфере. Рассматриваются воздействие технологических изменений на трансформацию рынка труда и перспективы развития функций и сервисов цифровой платформы в социальной сфере государства для обеспечения в новых условиях эффективного и комфортного взаимодействия пенсионеров и самозанятых с госслужбами и рынком занятости. Показано, что привлечение самозанятых и пенсионеров к легальной трудовой деятельности с помощью ЕЦП положительно влияет на их финансовую стабильность, здоровье и продолжительность жизни. В статье приводятся данные исследований, подтверждающие, что работающие пенсионеры реже страдают от хронических заболеваний, депрессии и деменции, имеют более высокий уровень удовлетворенности жизнью. В статье также анализируются функции ЕЦП: упрощение доступа к информации, автоматизация учета трудового стажа и интеграция с другими государственными системами. Эти функции способствуют снижению административных барьеров, мотивации к продолжению трудовой деятельности и улучшению демографической ситуации. Автором предложен подход к количественной оценке эффективности влияния ЕЦП в социальной сфере России на демографическую ситуацию на основе модели, использующей сеть доверия Байеса. Результаты исследования могут использоваться для экспертного и математического выбора альтернативных стратегий развития сервисов ЕЦП в социальной сфере.

Ключевые слова: информационное общество; трансформация рынка труда; единая цифровая платформа; самозанятость; гиг-экономика; демографическая ситуация; сеть доверия Байеса

Для цитирования: Богомолов А.И. Роль единой цифровой платформы в трансформации рынка труда России. *Цифровые решения и технологии искусственного интеллекта*. 2025;1:28-35.

ORIGINAL PAPER

The Impact of the Unified Digital Platform on the Transformation of Russia's Labor Market

A.I. Bogomolov

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The article considers the transformation of the labor market and its impact on the demographic situation in connection with the transition of society to the information stage of development. The purpose of the study is to assess the role and prospects for the development of a Unified Digital Platform (UDP) in the social sphere in these processes. The research methodology is based on a comprehensive analysis of the relationship between the processes taking place in society – the development of the gig economy, platform employment and self-employment and the challenges facing the Unified Digital Platform in the

* Gig economy (в некоторых исследованиях – гигномика, гигономика) – модель работы бизнеса с привлечением внештатных работников.



social sphere. The article considers the transformation of the labor market under the influence of technological changes and the prospects for the development of functions and services of the digital platform in the social sphere of Russia to ensure effective and comfortable interaction of pensioners and the self-employed with government services and the employment market in the new conditions. It is shown that attracting the self-employed and pensioners to legal labor activity with the help of the UDP has a positive effect on their financial stability, health and life expectancy. The article presents research data confirming that working pensioners are less likely to suffer from chronic diseases, depression and dementia, and also have a higher level of life satisfaction. The article also analyzes the functions of the Unified Digital Platform, such as simplified access to information, automation of work experience accounting, and integration with other government systems. These functions help reduce administrative barriers, motivate people to continue working, and improve the demographic situation. The article proposes an approach to quantitatively assessing the effectiveness of the Unified Digital Platform in the social sphere of Russia on the demographic situation based on a model using Bayesian trust networks. The results of the study can be used for expert and mathematical selection of alternative strategies for the development of Unified Digital Platform services in the social sphere.

Keywords: information society; transformation of the labor market; unified digital platform; self-employment; gig economy; demographic situation; Bayesian trust network

For citation: Bogomolov A.I. The impact of the unified digital platform on the transformation if Russia's labor market. *Digital Solutions and Artificial Intelligence Technologies*. 2025;1:28-35.

ВВЕДЕНИЕ

Становление информационного общества и цифровой экономики стало мощным стимулом изменений во всех сферах общественной жизни. Эти изменения затронули и трудовую деятельность. Многие исследователи связывают будущее рынков труда с четвертой промышленной революцией и цифровизацией экономики [1–3]. Однако перечень факторов, оказывающих влияние на революционные изменения, происходящие в обществе, в том числе на рынке труда, гораздо шире. Наибольшее влияние на рынок труда оказывают: изменения в глобальной экономике, технологический прогресс (в первую очередь технологии на базе искусственно-го интеллекта), демографические изменения, дальнейшая урбанизация, дефицит ресурсов, а также появление новых моделей экономики (в частности, платформенная экономика и гиг-экономика).

Перечисленные изменения стали объектом активного изучения и обсуждения ученых и экспертов [4–6]. Технологические изменения влияют на рынок труда, меняя спрос и предложение, а также затрагивают саму суть работы — ее содержание и организацию. В таких условиях и руководителям компаний, и самим работникам важно успевать адаптироваться к быстро меняющимся технологическим реалиям, сохраняя эффективность и конкурентоспособность.

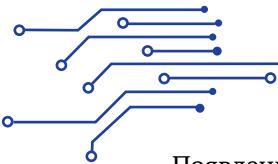
В то же время нарастают и проблемы общества не только в России, но и многих развитых стран. Эти проблемы касаются как демографической ситуации (старение, снижение рождаемости и т.д.), так и роста заболеваемости, что приводит к увеличению смертности и увеличению расходов государств на здравоохранение. Уменьшение численности трудоспособного населения оказывает

влияние на рынок труда, повышая риски для работодателей и трудающихся.

Под влиянием процессов цифровизации стремительно развиваются платформенная экономика и гиг-экономика. Последняя является новой экономической моделью, охватывающей многообразие форм краткосрочной занятости (фриланс, платформенная занятость, самозанятость, групповая занятость, случайная работа и др.), быстро распространяясь по миру и становясь повседневной реальностью, трансформирующй рынок труда [5, 6]. Особенность гиг-экономики — использование цифровых платформ, открывающих работодателям доступ к необходимым специалистам и ресурсам. Массовость цифровых платформ влияет на количество занятых в них и стимулирует появление новых форм организации труда [7]. Такая тенденция свидетельствует, что традиционная занятость (полный рабочий день) в настоящее время хоть и остается основной формой, однако в ближайшем будущем гиг- занятость будет сопоставима с традиционной.

Гиг-экономика и распространение цифровых платформ меняют структуру рынка труда, приводят как к диверсификации форм занятости, так и размытию ее традиционных видов. Например, Всемирный банк относит к гиг- занятости (gig-workers) три категории бизнес-процессов с возможностью привлечения высококвалифицированных специалистов: микроработу (micro work), фриланс (freelance) и аутсорсинг (outsourcing)¹. Однако гиг- занятость охватывает гораздо большее количество направлений деятельности, характеризуется в целом разнородностью и разнообразием [8–10].

¹ World Bank The global opportunity in online outsourcing, Washington, D.C.: World Bank Group. 2015. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/138371468000900555/The-global-opportunity-in-online-outsourcing>



Появление новых типов занятости меняет и привычные организационные формы труда. В связи с изменениями в содержании трудовой деятельности в виртуальной экономике основным результатом труда становится создание новых знаний. Основные требования к навыкам работников лежат в плоскости использования новых (цифровых) технологий — в основе организации деятельности управление проектами, самореализация работников, межкультурный менеджмент. Таким образом, переход к цифровой экономике стимулировал развитие новых форм и типов занятости (автономная работа, мобильная и виртуальная занятость). Сегодня виртуальный тип занятости (самозанятости) и гиг-работники уже привычны.

Производство данных, их распределение и управление становятся ключевыми факторами организации труда в цифровой экономике. Анализ различных исследований в области цифровизации трудовой деятельности позволяет сделать вывод, что изменения касаются и факторов производства, оказывающих значительное влияние на организацию труда, здоровье работников и их удовлетворенность жизнью. Гиг- и платформенная экономики позволяют эффективно вовлекать людей в трудовую деятельность, повышать их самооценку и финансовую стабильность, становясь значимой тенденцией развития и улучшения демографической ситуации.

Таким образом, переход к цифровой экономике позволяет привлечь на рынок труда людей, в том числе и пенсионеров, ранее не имевших возможности участвовать в трудовой деятельности неполный рабочий день и удаленно.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ РЫНКА ЗАНЯТОСТИ НА ДЕМОГРАФИЮ

Виртуальная трудовая деятельность самозанятых и пенсионеров влияет не только на финансовое состояние значительной части общества, но и на демографическую ситуацию рынка труда. Многочисленные исследования, проводимые в различных странах мира, в том числе и России, показали, что работающие пенсионеры меньше болеют и живут дольше, чем неработающая часть населения.

Исследование University of Melbourne показало, что работающие пенсионеры имеют на 20% более низкий уровень смертности². В Японии, где продолжительность жизни одна из самых высоких в мире, многие пенсионеры продолжают работать

на неполной ставке. Исследования показали, что уровень хронических заболеваний, таких как диабет и гипертония, среди работающих пенсионеров на 15% ниже. Также отмечено, что у работающих пенсионеров улучшается психическое здоровье.

Исследование University of Manchester подтверждает, что пенсионеры, продолжающие работать, на 30% реже страдают от депрессии, у них снижается риск деменции³. Французское исследование показало, что пенсионеры, занимающиеся интеллектуальной работой (например, преподавание или консультирование), имеют более низкий риск развития болезни Альцгеймера⁴. Пенсионеры, продолжающие работать, реже ощущают чувство одиночества, но чаще испытывают чувство удовлетворенности жизнью. По данным Росстата, пенсионеры, работающие в сфере услуг, на 10% чаще сообщают о высоком уровне удовлетворенности жизнью⁵. Вовлечение пенсионеров в трудовую деятельность и социализацию в обществе оказывает значительное влияние на их здоровье и продолжительность жизни.

Именно работа после выхода на пенсию влияет на физическое, психическое и социальное здоровье и, главное, долголетие людей. Например, участие в волонтерских проектах, работа в качестве консультанта в библиотеке или занятость в клубах по интересам способствуют сохранению самооценки и поддержанию уровня активной жизни [11].

В России пенсионеры часто работают в сфере услуг (например, консьержи, няни, репетиторы). У таких пенсионеров наблюдается более высокий уровень удовлетворенности жизнью и меньше проблем с психическим здоровьем.

Для поддержания качества жизни пенсионеров важно создавать условия для их вовлечения в трудовую деятельность, включая гибкие формы занятости, поддержку самозанятости и развитие программ активного старения. Кроме того, работающие пенсионеры и самозанятые вносят весомы вклад в улучшение экономических и финансовых показателей Российской Федерации [12–14].

Тенденции в демографии (старение населения и увеличение продолжительности жизни и др.) требуют переосмыслиния пенсионных систем. В России, как и во многих других странах, наблюдается рост числа пенсионеров, продолжающих работать после

³ URL: https://www.mentoday.ru/life/news/14-12-2024/chem-pozje-uidete-na-pensiyu-tem-dolshe-projivete-uchenye-nashli-svyaz-mejdru-rabotoi-i-zdorovem/?ysc_lid=ma80n6pkfg559872150&utm_source=ya.ru&utm_medium=referral&utm_campaign=ya.ru&utm_referrer=ya.ru

⁴ URL: <https://www.inserm.fr>

⁵ URL: <https://digital.gov.ru/ru/events/46942/>



выхода на пенсию, что связано и с экономической необходимостью, и с желанием оставаться социально активными. В таких условиях цифровизация пенсионной системы — важный инструмент для повышения эффективности управления пенсионными процессами и поддержки трудовой активности возрастного населения страны.

ЕДИНАЯ ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ РОССИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Повышение цифровой грамотности населения позволяет оценить преимущества новых технологий. ЕЦП, разработанная для автоматизации и упрощения взаимодействия граждан с социальными службами, играет ключевую роль в этом процессе⁶.

Основные функции единой цифровой платформы в социальной сфере:

1. Упрощение доступа к информации. Платформа предоставляет возможность получать актуальную информацию о своих пенсионных накоплениях и условиях выплат. Это позволяет работающим планировать свою трудовую деятельность, а пенсионерам принимать обоснованные решения о продолжении работы.

2. Онлайн-сервисы для расчета пенсий позволяют гражданам самостоятельно рассчитать размер будущей пенсии, учитывая различные сценарии продолжения трудовой деятельности. Это стимулирует к более длительной работе.

3. Учет трудового стажа и пенсионных баллов ведется в автоматическом режиме, что упрощает процесс оформления пенсии и снижает административную нагрузку на пенсионеров.

4. Интеграция с другими государственными системами (налоговой службой, системами здравоохранения и социальной защиты) позволяет оперативно обновлять данные и предоставлять пенсионерам комплексные услуги.

5. Поддержка самозанятых в учете доходов и автоматическом расчете пенсионных отчислений способствует их вовлечению в пенсионную систему.

Все вышеперечисленное позволяет повысить прозрачность пенсионной системы, снижать административные барьеры, поддерживать гибкие формы занятости, мотивируя к продолжению трудовой деятельности и улучшая качество жизни населения в целом.

⁶ Постановление Правительства РФ от 29.12.2023 № 2386 «О государственной информационной системе “Единая централизованная цифровая платформа в социальной сфере”». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408224253/?ysclid=maa1t0yd2602445045>

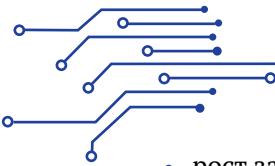
Действующая сегодня ЕЦП продолжает активно развиваться и органично внедряться во многие сферы жизни. В планах расширение ее функционала и внедрение новых сервисов (онлайн-консультации с экспертами, персональные рекомендации по увеличению пенсионных накоплений и интеграция с системами электронного здравоохранения); повышение доступности для пользователей старшего возраста (развитие мобильных приложений и упрощение интерфейса платформы); интеграция с международными системами позволит работающим за пределами России пенсионерам обеспечить учет их трудового стажа и доходов в российской пенсионной системе; внедрение технологий искусственного интеллекта для анализа данных и прогнозирования пенсионных сценариев позволит предоставлять персонализированные рекомендации.

ПРИМЕР МОДЕЛИ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЦП И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Рынок труда и демографическая ситуация России характеризуются цифровыми показателями, которые, в силу невозможности учесть все влияющие на них факторы, являются случайными цифрами. Эти показатели характеризуются взаимозависимостью и образуют сетевые структуры. Поэтому в учете причинно-следственных связей между ними применяются стохастические модели, например, сети доверия Байеса [15]. Такие модели позволяют учитывать вероятностные зависимости между переменными, даже при наличии неполных или неточных данных. В контексте взаимосвязи эффективности ЕЦП и социально-экономических показателей такая модель позволяет выявить скрытые закономерности и прогнозировать влияние цифровизации на занятость и демографию.

В качестве примера модели взаимосвязи характеристик ЕЦП и социально-экономических показателей включим в сетевую структуру их взаимосвязи следующие показатели:

- внедрение платформы ПФР (фактор, влияющий на другие переменные);
- прозрачность доходов самозанятых (увеличение прозрачности благодаря платформе);
- увеличение налоговых поступлений (результат прозрачности доходов);
- улучшение пенсионного обеспечения (результат увеличения поступлений в ПФР);
- привлечение самозанятых в легальный сектор (результат упрощения отчетности и снижения нагрузки);



- рост занятости (результат легализации само- занятых);
- улучшение демографической ситуации (ре- зультат улучшения пенсионного обеспечения и роста занятости).

Построение сети доверия Байеса

Узлы: внедрение платформы, прозрачность доходов, налоговые поступления, пенсионное обеспечение, легализация самозанятых, рост занятости, демографическая ситуация.

Ребра (зависимости):

Внедрение платформы (ВП) → Прозрачность до-ходов (ПД).

Прозрачность доходов (ПД) → Налоговые посту-пления (НП).

Налоговые поступления (НП) → Пенсионное обес-пече-ние (ПО).

Внедрение платформы (ВП) → Легализация само- занятых (ЛЗ).

Легализация самозанятых (ЛЗ) → Рост занятости (РЗ).

Пенсионное обеспечение (ПО) → Демографиче-ская ситуация (ДС).

Рост занятости (РЗ) → Демографическая ситуация (ДС).

Графическое представление сети доверия Байеса выглядит следующим образом (см. *рисунок*).

Предположим, что необходимо оценить, как внедрение платформы повлияет на демографи-ческую ситуацию. Для этого нужно задать априор-ные вероятности для начальных узлов (например, вероятность успешного внедрения платформы) и определить условные вероятности для зависимых узлов (например, вероятность увеличения налого-вых поступлений при повышении прозрачности до-ходов).

Пример расчета

$P(\text{Внедрение платформы} = \text{Успешно}) = 0,8$ (вероят-ность успешного внедрения).

$P(\text{Прозрачность доходов} = \text{Высокая} | \text{Внедрение платформы} = \text{Успешно}) = 0,9.$

$P(\text{Налоговые поступления} = \text{Увеличены} | \text{Прозрач-ность доходов} = \text{Высокая}) = 0,85.$

$P(\text{Пенсионное обеспечение} = \text{Улучшено} | \text{Налого-вые поступления} = \text{Увеличены}) = 0,75.$

$P(\text{Легализация самозанятых} = \text{Высокая} | \text{Внедре-ние платформы} = \text{Успешно}) = 0,7.$

$P(\text{Рост занятости} = \text{Высокий} | \text{Легализация самоза-нятых} = \text{Высокая}) = 0,8.$

$P(\text{Демографическая ситуация} = \text{Улучшена} | \text{Пенси-онное обеспечение} = \text{Улучшено}, \text{Рост занятости} = \text{Высокий}) = 0,9.$

Теперь можно рассчитать вероятность улучшения демографической ситуации:

1) *расчет вероятности улучшения пенсионного обеспечения:*

a) $P(\text{Пенсионное обеспечение} = \text{Улучшено}) = P(\text{Пенсионное обеспечение} = \text{Улучшено} | \text{Налого-вые поступления} = \text{Увеличены}) * P(\text{Налоговые по-ступления} = \text{Увеличены} | \text{Прозрачность доходов} = \text{Высокая}) * P(\text{Прозрачность доходов} = \text{Высокая} | \text{Внедрение платформы} = \text{Успешно}) * P(\text{Внедрение платформы} = \text{Успешно});$

b) $P(\text{Пенсионное обеспечение} = \text{Улучшено}) = 0,75 * 0,85 * 0,9 * 0,8 = 0,459 (45,9\%).$

2) *расчет вероятности роста занятости:*

a) $P(\text{Рост занятости} = \text{Высокий}) = P(\text{Рост заня-тия} = \text{Высокий} | \text{Легализация самозанятых} = \text{Вы-сокая}) * P(\text{Легализация самозанятых} = \text{Высокая} | \text{Внедрение платформы} = \text{Успешно}) * P(\text{Внедрение платформы} = \text{Успешно});$

b) $P(\text{Рост занятости} = \text{Высокий}) = 0,8 * 0,7 * 0,8 = 0,448 (44,8\%).$

3) *расчет вероятности улучшения демографиче-ской ситуации:*

a) $P(\text{Демографическая ситуация} = \text{Улучшена}) = P(\text{Демографическая ситуация} = \text{Улучшена} | \text{Пен-сионное обеспечение} = \text{Улучшено}, \text{Рост занятости} =$

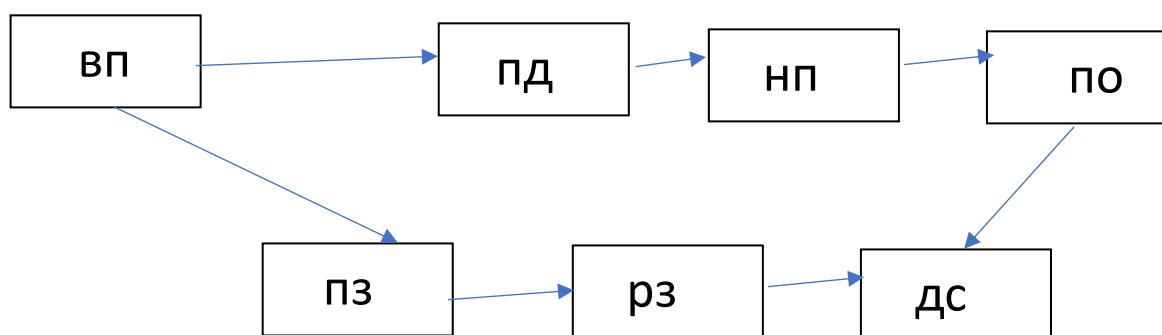


Рис./Fig. Графическое представление сети Байеса / Bayesian Network Diagram

Источник / Source: составлено автором / Complied by the authors.



=Высокий) * Р(Пенсионное обеспечение = Улучшено)*
 * Р(Рост занятости = Высокий);
 b) Р(Демографическая ситуация = Улучшена) =
 =0,9 * 0,459 * 0,448 ≈ 0,185 (18,5%).

Интерпретация результатов

Сеть доверия Байеса позволяет оценить, что успешное внедрение платформы в социальную сферу России приведет к улучшению демографической ситуации рынка труда с вероятностью 18,5%.

ВЫВОДЫ

Единая цифровая платформа в социальной сфере России играет важную роль в повышении продолжительности трудовой деятельности населения страны и привлечении на рынок труда пенсионеров, людей с ограниченными возможностями и расширении возможностей для самозанятости.

ЕЦП обеспечивает прозрачность пенсионной системы, снижает административные барьеры и мотивирует к продолжению работы. Развитие платформы, включая обогащение функционала и использование возможностей искусственного интеллекта, будет продолжаться, чтобы соответствовать потребностям рынка занятости и помогать дееспособному населению.

Сеть доверия Байеса может применяться для: анализа влияния платформы на ключевые показатели (налоги, занятость, демография); прогнозирования долгосрочных эффектов от внедрения платформы; обоснования рекомендаций по улучшению функционала платформы для усиления положительного влияния на рынок труда и демографию; визуализации причинно-следственных связей между внедрением платформы и ее социально-экономическими последствиями.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю искреннюю благодарность за конструктивную критику и руководство доктору экономических наук, заслуженному экономисту России, профессору Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, директору Научно-исследовательского центра развития государственной пенсионной системы и актуарно-статистического анализа Аркадию Константиновичу Соловьёву.

ACKNOWLEDGMENTS

I express my sincere gratitude for the constructive criticism and guidance to Doctor of Economic Sciences, Honored Economist of Russia, Professor of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Head of Scientific Research Center for the Development of the State Pension System and Actuarial and Statistical Analysis, Arkady Konstantinovich Solovyov.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Автор D.H. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*. 2015;29(3):3–30. DOI: 10.1257/jep.29.3.3
2. Calvino F., Spiezia V. The Digital Transformation and Labor Demand. In: Zimmermann K., eds. Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics. Springer. Cham. 2020:1–17. DOI: 10.1007/978-3-319-57365-6_19-3
3. Капкаева Ю.Ш., Нумухаметов И.А. К вопросу о формировании качественного человеческого капитала в контексте цифровизации российской экономики. *Вестник Челябинского государственного университета*. 2019;7(429):91–101. URL: <https://elibrary.ru/tnzcjz>
4. Нехода Е.В., Пань Л. Трансформация рынка труда и занятости в цифровую эпоху. *Экономика труда*. 2021;8(9): 897–916. DOI: 10.18334/et.8.9.113408
5. Баник Н., Падалкар М. Распространение гигиомики. *Форсайт*. 2021;15(1):19–29. URL: <https://www.elibrary.ru/hgffyd>
6. Лапидус Л.В., Полякова Ю.М. Гигиомика как новая социально-экономическая модель: развитие фрилансинга и аутсорсинга. *Вестник Института экономики Российской академии наук*. 2018;(6):73–89.
7. Смирнов Е.Н. Глобальные цифровые платформы как фактор трансформации мировых рынков. *Вопросы инновационной экономики*. 2020;10(1):13–24. DOI: 10.18334/vinec.10.1.100699
8. Сизова И.Л., Хусяинов Т.М. Труд и занятость в цифровой экономике: проблемы российского рынка труда. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология*. 2017;10(4):376–396. DOI: 10.21638/11701/spbu12.2017.401
9. Дигилина О.Б., Тесленко И.Б. Трансформация рынка труда в условиях цифровизации. *Вестник РГТУ. Серия «Экономика. Управление. Право»*. 2019;(4):166–181. DOI: 10.28995/2073-6304-2019-4-166-180

10. Namir A. Paving the Way for the Future of Work. *Canadian Public Policy*. 2018;44(S 1):1–10. DOI: 10.3138/cpp.2018–012
11. Aquino J.A., Russell D.W., Cutrona K.E., Altmaier E.M. Employment, Social Support, and Life Satisfaction Among the Elderly. *Journal of Counseling Psychology*. 1996;43(4):480–489. DOI: 10.1037/0022–0167.43.4.480
12. Гимпельсон В.Е., Капелюшников Р.И. и др. Российский рынок труда через призму демографии. Монография. М.: Издательство ВШЭ; 2020. 440 с.
13. Спектор А.А., Ефремова Н.А., Литвиненко А.В. Правовые и финансово-экономические аспекты развития самозанятости в России. *Научное обозрение: теория и практика*. 2023;13(1(95)):117–127. DOI: 10.35679/2226-0226-2023-13-1-117-127
14. Шибаршина О.Ю. Сравнительный анализ регулирования самозанятости в России и за рубежом. *Экономика труда*. 2021;8(10):1223–1236. DOI: 10.18334/et.8.10.113583
15. Мухина И.И., Миракян Д.Г., Самозанятость в России: вызовы и перспективы. *Социально-трудовые исследования*. 2021;(3):21–31. DOI: 10.34022/2658-3712-2021-44-3-21-31
16. Jensen Finn V. Bayesian Networks and Decision Graphs. Springer. 2001. 268 p. URL: https://books.google.ru/books?id=qOzGyK1fI94C&lr=&redir_esc=y

REFERENCES

1. Autor D.H. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*. 2015;29(3):3–30. DOI: 10.1257/jep.29.3.3
2. Calvino F., Spiezia V. The Digital Transformation and Labor Demand. In: Zimmermann K. (eds) *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics*. Springer. Cham. 2020;1–17. DOI: 10.1007/978-3-319-57365-6_19-3
3. Kapkaeva Yu. Sh., Numukhametov I. A. On the formation of high-quality human capital in the context of digitalization of the Russian economy. *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2019;7(429):91–101. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/tnzcjz>
4. Nekhoda E.V., Pan L. Transformation of the labour market and employment in the digital age. *Russian Journal of Labour Economics*. 2021;8(9):897–916. (In Russ.). DOI: 10.18334/et.8.9.113408
5. Banik N., Padalkar M. The spread of the gig economy. *Foresight*. 2021;15(1):19–29. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/hgffy>
6. Lapidus L.V., Polyakova Yu. M. Gig economy as a new socio-economic model: the development of freelancing and outsourcing. *Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2018;(6)73–89. (In Russ.).
7. Smirnov E.N. Global Digital Platforms as a Factor in the Transformation of World Markets. *Issues of innovation economics*. 2020;10(1):13–24. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.10.1.100699
8. Sizova I.L., Khusyainov T.M. Labor and employment in the digital economy: problems of the Russian labor market. *Bulletin of St. Petersburg University. Sociology*. 2017;10(4):376–396. (In Russ.). DOI: 10.21638/11701/spbu12.2017.401
9. Digilina O.B., Teslenko I.B. Transformation of the labor market in the context of digitalization. *Bulletin of the Russian State University for the Humanities. Series “Economics. Management. Law”*. 2019;(4):166–181. (In Russ.). DOI: 10.28995/2073-6304-2019-4–166–180
10. Namir A. Paving the Way for the Future of Work. *Canadian Public Policy*. 2018;44(S 1):1–10. (In Russ.). DOI: 10.3138/cpp.2018–012
11. Aquino J.A., Russell D.W., Cutrona K.E., Altmaier E.M. Employment, Social Support, and Life Satisfaction Among the Elderly. *Journal of Counseling Psychology*. 1996;43(4):480–489. (In Russ.). DOI: 10.1037/0022–0167.43.4.480
12. Gimpelson V. E., Kapelyushnikov R. I. and others. The Russian labor market through the prism of demography. The monograph. Moscow: HSE Publishing House; 2020. 440 p.
13. Spector A.A., Efremova N.A., Litvinenko A.V. Legal and financial-economic aspects of self-employment development in Russia. *Scientific review: theory and practice*. 2023; 13(1(95)):117–127. (In Russ.). DOI: 10.35679/2226-0226-2023-13-1-117-127
14. Shibarshina O. Yu. Comparative analysis of self-employment regulation in Russia and abroad. *Russian Journal of Labor Economics*. 2021;8(10):1223–1236. (In Russ.). DOI: 10.18334/et.8.10.113583



15. Mukhina I.I., Mirakyan D.G. Self-Employment in Russia: Modern Trends and Development Prospects. *Social and labor research.* 2021;(3):21–31. (In Russ.). DOI: 10.34022/2658-3712-2021-44-3-21-31
16. Jensen Finn V. Bayesian Networks and Decision Graphs. Springer. 2001. 268 p. URL: https://books.google.ru/books?id=qOzGyK1fI94C&lr=&redir_esc=y

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR

Александр Иванович Богомолов — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского центра развития государственной пенсионной системы и актуарно-статистического анализа, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Alexander I. Bogomolov — Cand. Sci. (Tech.), Leading Researcher, Research Center for the Development of the State Pension System and Actuarial-Statistical Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-3285-0299>

aibogomolov@fa.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The author has no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 29.04.2025; принятa к публикации 05.05.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

The article was received 29.04.2025; accepted for publication 05.05.2025.

The author read and approved the final version of the manuscript.



УДК 004.056.522.3(045)

Использование OSINT в современной системе обеспечения информационной безопасности

Е.К. Баранова, М.Ю. Петров

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются возможности применения современного аудита безопасности с привлечением информации, собранной из открытых источников (OSINT – Open Source Intelligence). Указываются предпосылки применения OSINT и экономической разведки в анализе защищенности, а также анализируются ключевые факторы, влияющие на формирование комплексных мер обеспечения информационной безопасности. Особое внимание уделено обсуждению того, каким образом использование открытых данных может повысить эффективность процесса выявления уязвимостей при соблюдении правовых и этических норм. Комплексный подход к анализу информационной безопасности, основанный на компетентном использовании данных из публичных реестров, социальных сетей, профессиональных сообществ и других открытых источников, рассматривается в качестве одного из ключевых факторов, повышающих устойчивость бизнеса и государственных структур. В контексте данной работы особое внимание уделено разработке рекомендаций по организации процесса оценки защищенности объектов на основе открытых источников, что позволяет соединить аспекты информационной безопасности и экономической разведки, повышая общий уровень информационной грамотности и системного управления рисками. Цель настоящей работы состоит в разработке комплекса рекомендаций по организации процесса анализа защищенности объекта оценки с опорой на данные, полученные из открытых источников. На основе проведенного анализа разработаны организационные, технические и процедурные меры, позволяющие повысить эффективность обеспечения информационной безопасности объекта, а также указаны возможности интеграции результатов периодических исследований на основе открытых источников информации и регулярных проверок защищенности в общую систему обеспечения информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность; защита информации; угрозы информационной безопасности; анализ рисков информационной безопасности; аудит информационной безопасности; разведка по открытым источникам; OSINT

Для цитирования: Баранова Е.К., Петров М.Ю. Использование OSINT в современной системе обеспечения информационной безопасности. Цифровые решения и технологии искусственного интеллекта. 2025;1:36-44.

ORIGINAL PAPER

Using OSINT in a Modern Information Security System

Е.К. Baranova, M.Yu. Petrov

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The article considers the possibilities of applying modern security auditing with the involvement of information collected from open sources (OSINT – Open Source Intelligence). The prerequisites for the use of OSINT and economic intelligence in security analysis are outlined, and the key factors influencing the formation of comprehensive information security measures are analysed. Particular attention is given to discussing how the use of open data can improve the effectiveness of the vulnerability identification process while complying with legal and ethical standards. An integrated approach to information security analysis, based on the competent use of data from public registries, social networks, professional communities and other open sources, is seen as one of the key factors that increase the resilience of businesses and government agencies. In the context of this article, special attention is paid to the development of recommendations for organising the process of assessing the security of objects on the basis of open sources, which makes it possible to combine aspects of information security and economic intelligence, increasing the overall level of information literacy and systemic risk management. The **purpose** of this article is to develop a set of recommendations on how to organise the process of security analysis of the object of assessment with reliance on data obtained from open sources. On the basis of the analysis, organisational, technical and procedural measures have been developed

© Баранова Е.К., Петров М.Ю., 2025



to improve the efficiency of information security of the object, as well as the possibilities of integrating the results of periodic research based on open sources of information and regular security checks into the overall information security system.

Keywords: information security; information protection; information security threats; information security risk analysis; information security audit; open source intelligence; OSINT

For citation: Baranova E.K., Petrov M.Yu. Using OSINT in a modern information security system. *Digital Solutions and Artificial Intelligence Technologies*. 2025;1:36-44.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительной цифровизации всех сфер деятельности проблемы информационной безопасности (ИБ) выходят на передний план. Их значимость проявляется как в глобальном масштабе (при взаимодействии государств и крупных международных корпораций), так и в контексте локальных бизнес-процессов, реализуемых в небольших компаниях. В подобных условиях обеспечение защищенности информационных систем требует системного подхода, способного охватывать как технические, так и организационно-экономические аспекты.

Одно из наиболее перспективных направлений современного аудита безопасности — использование информации, собранной из открытых источников (OSINT). С помощью OSINT организации могут выявлять уязвимости, получать достоверные сведения о конкурентной среде, анализировать внешние угрозы и оценивать потенциальные риски. Причем данный подход нередко дополняется элементами экономической разведки, что позволяет оценивать безопасность не только с позиции противостояния киберпреступникам, но и с точки зрения конкурентных вызовов.

В статье рассматриваются предпосылки применения OSINT и экономической разведки в анализе защищенности, а также анализируются ключевые факторы, влияющие на формирование комплексных мер информационной безопасности. Особое вниманиеделено обсуждению того, каким образом использование открытых данных может повысить эффективность процесса выявления уязвимостей при соблюдении правовых и этических норм.

В течение последнего десятилетия значимое место в ИБ занимают процессы экономической разведки, предоставляющие компаниям следующие возможности:

- формировать целостное представление о тенденциях в своей отрасли и возможностях конкурентов;
- заблаговременно обнаруживать утечки конфиденциальных сведений и сведений о планируемых атаках;
- выявлять конкретные уязвимости в собственной инфраструктуре, которыми могут воспользоваться злоумышленники.

Экономическая разведка тесно связана с кибербезопасностью, поскольку позволяет дополнительно анализировать внешние факторы, включая деятельность конкурентов, партнеров и иных заинтересованных сторон. Например, потенциальный недобросовестный конкурент может использовать уязвимости в корпоративных системах для сбора чувствительных данных, что представляет угрозу не меньшую, чем атаки со стороны традиционных киберпреступников.

МЕТОДЫ OSINT

Методы OSINT предполагают извлечение и оценку данных из общедоступных источников, охватывающих электронные реестры, социальные сети, научно-технические публикации, тендерные базы, патентные порталы и даже даркнет-форумы [1–3]. Ключевой ценностью OSINT является законный характер получаемой информации — сбор осуществляется без использования нелегитимных методов, что позволяет упростить многие правовые аспекты и использовать результаты анализа в официальных отчетах.

Согласно проведенным исследованиям, эффективная работа с открытыми источниками дает возможность обнаружить до 80–90% информации, необходимой для предварительной оценки защищенности организаций. В совокупности с пентестингом и классическими аудитами это обеспечивает максимально полное понимание реального уровня кибербезопасности и создает основу для системной работы с уязвимостями [4–6]¹.

Анализ защищенности при помощи OSINT включает в себя несколько направлений поиска:

1) *сетевые ресурсы и доменные записи*. Использование Shodan, Censys, ZoomEye и аналогичных сервисов позволяет определить открытые порты, устаревшие протоколы, неверные конфигурации и потенциально компрометированные хосты;

2) *публичные репозитории кода*. Платформы GitHub, GitLab, Bitbucket нередко содержат случайно опубликованные пароли, аутентификационные ключи и конфигурационные файлы. Специализиро-

¹ URL: https://safe.cnews.ru/news/line/2023-12-27_tendentsii_rynska_analiza

ванные инструменты (например, GitGuardian) способны автоматически выявлять подобные утечки;

3) *социальные сети и профессиональные сообщества*. LinkedIn, Twitter, отраслевые форумы и тематические каналы в мессенджерах помогают собирать сведения о внутренних процессах компаний, составах проектных команд и технологических решениях;

4) *Google Dork и ExploitDB*. Эти подходы раскрывают некорректно настроенные веб-директории, резервные копии, тестовые конфигурации и тому подобное;

5) *дикнет и нелегальные онлайн-площадки*. Мониторинг анонимных ресурсов (Tor, I2P, специализированные форумы) позволяет своевременно обнаруживать утечки информации в базах данных, предложения о продаже внутренних корпоративных сведений или информацию о готовящихся атаках.

Сбор разрозненных массивов информационных артефактов недостаточен без качественной обработки, систематизации и аналитической интерпретации. Для этих целей используют:

- графовые модели (Neo4j), где строятся взаимосвязи между IP-адресами, доменными именами, репозиториями кода и потенциальными уязвимостями;
- системы визуализации (Kibana, Grafana), позволяющие создавать информативные дашборды для наглядного отображения динамики угроз;
- алгоритмы поиска закономерностей (например, моделирование с использованием искусственных нейронных сетей и нечеткой логики, машинное обучение или статистические методы), применяемые к большим объемам данных, извлеченных из социальных сетей или дикнета.

Инциденты с участием компаний Toyota² и Mercedes-Benz демонстрируют, насколько критично воздействие утечек конфиденциальной информации, связанных с обнародованием данных в общедоступных репозиториях или случайной публикацией аутентификационных токенов, для репутации корпорации. Так, компания Toyota стала жертвой утечки, вызванной случайной публикацией в репозитории GitHub ключа доступа к серверу, содержащему данные пользователей платформы T-Connect, которые на протяжении почти пяти лет находились в свободном доступе. Хотя доступ к информации о кредитных картах и персональных данных клиентов не был получен, доступ к адресам электронной почты и уникальным идентификаторам

создавал серьезные угрозы в виде фишинговых атак и социальной инженерии. Длительность утечки указывает на слабость в процессах аудита и контроля конфиденциальных данных.

Инцидент с Mercedes-Benz³ связан с утечкой токена аутентификации, предоставляемого доступ к внутренним ресурсам компании. Среди скомпрометированных данных оказались исходный код и ключи к облачным сервисам. Несмотря на то что доказательства злоупотребления данными отсутствуют, их публикация открыла возможности для экономического шпионажа и атак на критически важные системы. Этот случай иллюстрирует недостатки в управлении доступом к конфиденциальным активам.

Ключевые аспекты таких утечек указывают на следующие проблемы.

Длительность экспозиции данных: информация находилась в открытом доступе на протяжении нескольких лет, что свидетельствует о недостаточной системе контроля за репозиториями и отсутствии мониторинга публикаций.

Репутационные риски: потеря доверия со стороны клиентов и партнеров неизбежна, когда данные подвергаются угрозам компрометации.

Повышение вероятности атак: утечка информации создает условия для проведения масштабных и целенаправленных атак, поскольку злоумышленники используют полученные данные как основу для дальнейших действий [7].

Главный урок подобных ситуаций — необходимость внедрения постоянного мониторинга (например, GitGuardian), жесткого разграничения прав доступа и обучения сотрудников основам безопасности работы с конфигурационными и служебными файлами.

Немаловажным аспектом в рассмотренных примерах является то, что выявленные проблемы не могут быть решены исключительно техническими средствами. Экономическая разведка, ориентированная на анализ конкурентной среды, помогает определять внешние факторы риска, в том числе действия потенциально недобросовестных партнеров или распространение информации о будущих сделках. Сочетание таких сведений с результатами OSINT дает комплексное представление о реальной картине угроз и позволяет формулировать более точные и приоритетные меры по нейтрализации уязвимостей [8, 9].

² URL: <https://blog.gitguardian.com/toyota-accidentally-exposed-a-secret-key-publicly-on-github-for-five-years/>

³ URL: <https://www.thehackacademy.com/news/mercedes-benz-source-code-and-sensitive-data-unintentionally-exposed-on-public-server/>



Чтобы эффективно интегрировать методы OSINT в общую стратегию информационной безопасности, организациям рекомендуется разработать собственный регламент, предусматривающий следующую последовательность действий:

- четкое распределение ролей (аналитик, технический специалист, менеджер по кибербезопасности);
- механизмы регулярного сбора, хранения и обновления данных из открытых источников с указанием частоты мониторинга и глубины анализа;
- соответствие правовым нормам: следует учитывать особенности законодательства о персональных данных и коммерческой тайне.

Для обеспечения непрерывного цикла совершенствования информационной безопасности организация может внедрить платформу, способную объединять:

- результаты OSINT-анализа (включая данные о найденных ключах, открытых портах, уязвимых сервисах);
- выводы аудитов и пентестов, отражающие реальные возможности эксплуатации уязвимостей;
- механизмы постановки задач исправления (bug tracking) и повторной оценки устраниенных проблем.

Таким образом создается единая база знаний, способная фиксировать динамику угроз, историю их обнаружения и результаты по мере проведения корректирующих действий [10].

С каждым годом расширяется разнообразие открытых источников: к социальным сетям и кодовым репозиториям прибавляются форумы, каналы мессенджеров, теневые сегменты сети и даже открытые IoT-сети⁴. Все это порождает потребность в дальнейшей автоматизации и применении продвинутых аналитических алгоритмов (NLP, машинное обучение, корреляционный анализ), позволяющих эффективнее работать с большими массивами данных и системно идентифицировать аномалии.

Перспективным представляется активное развитие взаимодействия между экспертами из разных областей (ИТ, аналитика, риск-менеджмент, правовое обеспечение) для формирования междисциплинарных команд, способных обеспечивать наиболее качественную оценку внутренних и внешних угроз.

Рассмотренные аспекты показывают, что комплексный анализ уязвимостей, включающий методы OSINT и экономической разведки, открывает широкие возможности для повышения эффектив-

ности обеспечения информационной безопасности. Собранные из открытых источников данные позволяют своевременно выявлять скрытые и часто недооцененные угрозы. Критически важным фактором успеха остается сопряжение технических инструментов с организационно-управленческими решениями и системой непрерывного обучения персонала.

Инциденты, произошедшие в крупных транснациональных корпорациях, демонстрируют, что даже при наличии внутренних регламентов и развитых технических средств организации могут столкнуться с риском серьезных утечек по причине человеческого фактора или недосмотра. Устранение подобных проблем требует не только технических, но и организационно-экономических мер, связанных с четкой регламентацией процессов, мониторингом публичных ресурсов и контролем над подрядчиками.

ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА OSINT-АНАЛИЗА И ОЦЕНКА РИСКА

Для систематизации и формализации задачи OSINT-анализа предлагается следующая модель. Пусть $S = s_1, s_2, \dots, s_m$ — множество потенциальных точек входа (веб-сайты, порты, сервисы, устройства), обнаруживаемых с помощью OSINT-инструментов (Nmap, Nikto, WPScan, FFUF и др.). Для потенциальной уязвимости, i задаются два параметра: P_i — вероятность ее эксплуатации и I_i — потенциальный ущерб, который может быть нанесен при успешной атаке.

Значения P_i нормируются по шкале от 0 до 1 и отражают экспертную оценку вероятности эксплуатации уязвимости с учетом наличия публичных эксплойтов, уровня привилегий, сложности эксплуатации и актуальности угроз. Значения I_i задаются по шкале от 0 до 10 и отражают тяжесть возможных последствий при успешной реализации атаки.

Риск для каждой уязвимости рассчитывается по формуле

$$R_i = P_i \times I_i.$$

Таким образом, итоговая оценка риска по каждой позиции выражается в пределах 0–10, что удобно для ранжирования и визуализации критичности угроз.

Суммарный риск объекта оценки в целом определяется как

$$R_{(total)} = \sum_{i=1}^n (P_i \times I_i).$$

где n — общее число обнаруженных уязвимостей. Эта сумма дает представление о том, насколько объект уязвим в целом, и помогает определить,

⁴ URL: <https://habr.com/ru/companies/xeovo/articles/769652/>.

на какие проблемы следует обратить первостепенное внимание при разработке мер защиты.

Для повышения обоснованности приоритезации уязвимостей дополнительно может применяться метод анализа иерархий, позволяющий учитывать несколько критериев одновременно — не только риск, но и стоимость устранения, наличие ресурсов и временные ограничения.

На примере проведенного OSINT-анализа на объекте оценки в *таблице* указаны как уязвимости

сетевого уровня (например, устаревшие версии OpenSSH и Exim), так и проблемы веб-приложений (открытые директории, слабые конфигурации, отсутствие заголовков безопасности).

Для каждой позиции рассчитан индивидуальный риск R_i , что позволяет наглядно оценить критичность выявленных уязвимостей.

Из *таблицы* видно, что наибольший совокупный вклад в суммарный риск вносят уязвимости, связанные с устаревшими версиями SSH и почто-

Таблица / Table

Расчет значений риска на основе выявленных уязвимостей / Calculation risk values based on identified vulnerabilities

№	Уязвимость / Vulnerabilities	Описание / Description	CVSS*	P_i	I_i	$R_i = P_i \cdot I_i$
1	Устаревшая версия OpenSSH (7,4)	Эксплуатация уязвимостей ssh-agent для выполнения произвольного кода	8,1 (High)	0,6	9	
2	Exim 4,96,1 (CVE-2023-42117 и др.)	Возможность выполнения кода без аутентификации, утечек памяти и переполнения	8,1 (High)	0,7	7	4,9
3	Отсутствие X-Frame-Options	Позволяет проведение атак clickjacking	6,5 (Medium)	0,5	3	1,5
4	Отсутствие X-Content-Type-Options	Повышает риск XSS через MIME-sniffing	6,1 (Medium)	0,5	3	1,5
5	Раскрытие заголовка X-Powered-By	Определение версии PHP, что облегчает подбор эксплойтов	4,3 (Low)	0,3	2	0,6
6	Свободный доступ к readme, html	Возможность определения версии WordPress	5,0 (Medium)	0,4	3	1,2
7	Активированный XML-RPC	Возможность перебора паролей и проведения DDoS-атак	7,5 (High)	0,5	4	2
8	Активный WP-Cron	Возможность DoS-атаки при массовых обращениях	5,3 (Medium)	0,2	4	0,8
9	Открытый доступ к /wp-json/	Получение информации о структуре сайта, версиях плагинов и пользователях	5,0 (Medium)	0,4	3	1,2
10	Обнаружение административной панели	Отсутствие дополнительных мер защиты для административного интерфейса	7,5 (High)	0,6	6	3,6
11	Некорректная настройка SSL (Common Name Mismatch)	Несоответствие имени домена в сертификате снижает доверие к защищенному соединению	6,4 (Medium)	0,4	3	1,2

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

*Примечание / Note:** – Common Vulnerability Scoring System (CVSS) – открытый стандарт, используемый для расчета количественных оценок уязвимости в безопасности компьютерной системы.



вого сервера Exim, обладающие высокой степенью потенциального ущерба и реальной вероятностью эксплуатации. Также следует уделить внимание отсутствию ключевых HTTP-заголовков и незащищенным точкам входа, таким как административная панель.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА АНАЛИЗА ЗАЩИЩЕННОСТИ

Организация процесса анализа защищенности должна быть систематической и включать несколько этапов — от планирования до реализации защитных мер. Ниже представлен рекомендуемый алгоритм действий и меры предосторожности, которые помогут провести анализ эффективно, с учетом отраслевой специфики.

1. Планирование и определение границ оценки. На начальном этапе важно четко определить объект оценки: какие системы, сети, приложения будут проверяться. Например, это может быть внешний веб-портал или автоматизированная система на промышленном объекте. Уточняется цель анализа — поиск уязвимостей, проверка соответствия стандартам, оценка рисков. Также на этом этапе собираются базовые сведения об объекте: доменные имена, IP-адреса, используемые технологии. Рекомендуется привлечь руководство по безопасности и профильных ИТ-специалистов для согласования границ (особенно если планируются активные сканирования), чтобы избежать влияния на работоспособность систем.

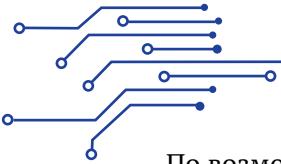
2. Сбор информации из открытых источников (разведка OSINT). Далее проводится подробный OSINT относительно объекта. Собираются публичные данные: контент официальных сайтов (в том числе анализируется их HTML-содержимое, извлекаются контактные данные, проверяется наличие robots.txt, sitemap.xml, ads.txt и security.txt), записи DNS (например, через dig- или онлайн-сервисы), сведения WHOIS о доменах, информация из поисковых систем, упоминания в социальных сетях и на форумах. Полезно изучить утечки данных, связанные с организацией, — найти в базах типа Have I Been Pwned домены электронной почты компании. На этом же шаге можно выполнить поиск в Shodan по IP-адресам организации (чтобы обнаружить открытые сервисы или устройства). Итогом данного этапа должна стать карта «атакующей поверхности» — перечень всех выявленных узлов, сервисов, а также потенциально интересных сведений (версии софта, конфигурации, персонал). Например, может выясниться, что у компании есть неожиданно открытый субдомен с тестовой версией сайта.

3. Активное сканирование и выявление уязвимостей. Имея список целевых узлов и сервисов, можно приступить к их сканированию на предмет уязвимостей. Сетевые сканеры помогут определить открытые порты и службы. Затем для каждого типа служб применяются специализированные инструменты. Например, обнаружив веб-сервер, запускают Nikto для проверки на известные уязвимости и конфигурационные проблемы, а если это веб-приложение — тестируют его с помощью OWASP ZAP или аналогов. Если найден сайт на WordPress — применяют WPScan для выявления устаревших плагинов. Выявленные версии серверного ПО (например, версия Apache или OpenSSL) проверяются на наличие известных уязвимостей (по базам CVE).

Также полезно использовать публичные базы эксплойтов (Exploit-DB) — нет ли готовых эксплойтов под выявленную версию продукта. Для крупных инфраструктур может применяться комплексное сканирование уязвимостей (той же OpenVAS/Nessus), которое сразу охватывает множество хостов и выдает сводный отчет. Важно уделить внимание как внешним системам, так и внутренним (если есть доступ): например, в медицинских учреждениях проверить не подключен ли аппарат МРТ напрямую к интернету через публичный IP; в промышленности — нет ли удаленного доступа к контроллеру без VPN.

Замечание: активное сканирование следует выполнять осторожно, чтобы не нарушить работу системы (особенно в промышленности или медицине, где системы критичны). Если возможно, сначала провести анализ в тестовой среде или вне пикового времени.

4. Анализ и верификация результатов. После сбора данных и автоматического сканирования наступает этап тщательного анализа результатов. Нужно отфильтровать ложные срабатывания, особенно если использовались агрессивные сканеры, например Nikto, и подтвердить реальные уязвимости. Каждый найденный потенциальный изъян рассматривается в следующей последовательности: как он эксплуатируется, какие последствия могут быть. Здесь требуется экспертиза: например, сканер может показать «директория listable» (доступен листинг директории), но в контексте данного сервера это может быть малозначимо, или наоборот — обнаружен «Apache Struts 2», что уже может быть поводом для тревоги. Желательно сопоставить выводы разных инструментов: если и Nmap, и Nessus указывают на одну уязвимость, доверие повышается.



По возможности, выполняется частичное ручное подтверждение: например, если сканер нашел SQL-инъекцию, аналитик сам посыпает пробный запрос; если обнаружен открыт FTP-анонимный доступ — пытается зайти и прочитать файл. Такой кросс-проверкой достигается более точная картина, исключаются ошибки автоматизированных средств.

5. Оценка рисков (анализ потенциальных угроз).

После верификации технических уязвимостей необходимо оценить их значимость для организации с учетом отраслевой специфики. В этом процессе для каждой обнаруженной уязвимости определяется уровень риска, основанный на вероятности ее эксплуатации и потенциальном ущербе. Формально риск для каждой уязвимости можно рассчитать по формуле

$$R_i = P_i \times I_i,$$

где P_i — вероятность эксплуатации уязвимости; I_i — величина потенциального ущерба.

Для оценки совокупного риска объекта используется формула

$$R_{(total)} = \sum_{i=1}^n (P_i \times I_i),$$

где n общее число обнаруженных уязвимостей.

Таким образом, даже если одна и та же уязвимость (например, устаревшее шифрование TLS) может получить разный приоритет в зависимости от отрасли (в банковской системе она критична, а на сайте небольшой компании — умеренная). Риски можно оценивать как качественно (низкий, средний, высокий), так и количественно (например, с использованием баллов CVSS).

При этом важно учитывать комплаенс-риски, т.е. соответствие обнаруженных проблем требованиям регуляторов (например, отсутствие журнала событий безопасности — нарушение Приказа ФСТЭК № 21⁵, а отсутствие патчей — несоответствие стандарту PCI DSS). Такая формальная оценка позволяет расставить приоритеты для устранения уязвимостей, что является основой для принятия обоснованных управленческих решений.

6. Отчетность и рекомендации. Результаты анализа оформляются в виде отчета. Описывается методика (какие этапы и какими инструментами проводились), перечисляются обнаруженные уязвимости с деталями (место, описание, способ обнаружения).

⁵ Приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 № 21 (ред. от 14.05.2020) «Об утверждении Состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных». URL: <https://base.garant.ru/70380924/?ysclid=ma9vlcbmw2850308202>

Для каждой уязвимости указываются оценка риска и потенциальные последствия при эксплуатации.

Отдельно формулируются рекомендации по устранению: конкретные меры, которые необходимо принять. Рекомендации должны быть практическими и адресными, например: «обновить веб-сервер Apache до версии X.Y (устраняющей CVE-XXXX-1234)»; «закрыть доступ из интернета к порту TCP 445 (SMB) или ограничить его доверенными сетями»; «внедрить политику сложных паролей для административных аккаунтов»; «шифровать канал передачи медицинских данных» и т.д. Желательно указать, кто отвечает за реализацию (сетевые администраторы, разработчики, сотрудники ИБ). Хорошей практикой является сопровождение отчета приложениями: список проверенных IP и доменов, ссылки на использованные базы уязвимостей — это повышает доверие к результатам и облегчает повторный анализ в будущем.

7. Реализация мер и мониторинг. На этом этапе рекомендации претворяются в жизнь: администраторы закрывают лишние порты, обновляют ПО, разработчики исправляют уязвимый код, сотрудники проходят обучение и пр. В зависимости от критичности рисков меры принимаются немедленно (для критических уязвимостей) либо планово (для менее значимых проблем). После внедрения защитных мер необходимо проверить их эффективность. Например, если рекомендация — «отключить протокол TLS 1.0», то после изменения конфигурации запускается повторный скан, чтобы убедиться, что протокол действительно недоступен.

Такой цикл «сканирование — устранение — повторная проверка» соответствует требованиям непрерывного улучшения безопасности. Кроме того, стоит настроить непрерывный мониторинг: многие современные системы безопасности позволяют в реальном времени отслеживать попытки эксплуатации известных уязвимостей, сканирование портов, обращения к запрещенным URL и др.

8. Постоянный процесс. Анализ защищенности не должен быть разовым мероприятием. Потенциальные угрозы и ИТ-среда постоянно меняются: появляются новые уязвимости, персонал обновляется, добавляются новые сервисы. Поэтому рекомендуется выстроить процесс непрерывного управления уязвимостями. В рамках него проводятся плановые сканирования, отслеживаются новые потенциальные угрозы, актуализируется модель угроз организации.

Внедрение процесса подразумевает назначение ответственных за управление уязвимостями, ведение реестра активов и уязвимостей, а также интеграцию этого процесса в общий менеджмент рисков компании. Циклический подход «поиск уязвимостей —



устранение — контроль» позволяет со временем значительно повысить киберустойчивость системы.

ВЫВОДЫ

Систематическое применение методов анализа защищенности на основе открытых источников информации может служить надежной опорой для эффективного управления рисками ИБ. Интеграция таких подходов с методами экономической разведки и нормативно-правовыми требованиями различных отраслей расширяет границы традиционного аудита информационной безопасности и позволяет учитывать динамику внешней среды.

Апробация OSINT-анализа на реальном объекте оценки позволила оценить критичность выявленных уязвимостей и рисков. Кроме того, сформулированы рекомендации по организации анализа защищенности, охватывающие весь жизненный цикл — от планирования до мониторинга эффективности реализованных мер, что обеспечивает практическую применимость предложенного подхода.

Достигнута главная цель исследования — создан адаптивный комплекс рекомендаций по организации анализа защищенности на основе открытых источников, который снижает неопределенность в оценке критичности угроз, оптимизирует использование ресурсов службы информационной безопасности и повышает общую киберустойчивость организации.

Таким образом, интеграция OSINT в общий контур кибербезопасности становится необходимым условием для защиты компаний в условиях современного рынка и сложных угроз. Своевременная оценка данных из общедоступных источников дает возможность не только вовремя закрывать «дыры» в инфраструктуре, но и укреплять экономическую стабильность предприятия, минимизируя репутационные и финансовые потери. Подобный системный подход, опирающийся на передовые методики анализа рисков информационной безопасности, формирует фундамент для устойчивого развития бизнеса и уверенного функционирования в высококонкурентной цифровой среде.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бабаш А.В., Баранова Е.К. Актуальные вопросы защиты информации. Монография. 2-е изд., перераб. и доп. М.: РИОР: ИНФРА-М; 2025. URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=459567>
2. Баранова Е.К., Командиров А.Ю. Теоретико-методологические аспекты обеспечения информационной безопасности в налоговой сфере. Проблемы информационной безопасности социально-экономических систем. Труды XI Международной научно-практической конференции (Гурзуф, 13–15 февраля 2025 г.). Гурзуф; 2025:53–56. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=80375813>
3. Недомолкина Я.Н. Конкурентная разведка как вид информационного обеспечения принятия решений в области формирования и поддержания конкурентоспособности экономического субъекта. *Современная экономика: проблемы и решения*. 2023;4(160):101–117. DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2023/4/101-117
4. Баранова Е.К., Смирнов Д.В. Анализ защищенности информационной системы на основе открытых источников информации. Проблемы информационной безопасности. Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Симферополь-Гурзуф, 14–16 февраля 2019 г.). Симферополь: ИП Зуева Т.В.; 2019:79–80. URL: <https://publications.hse.ru/chapters/246796348>
5. Сидорова М.Е., Кузьмин А.Р. Разведка по открытым источникам данных и ее применение для решения задач кибербезопасности. *Вестник Российской нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ, управление»*. 2023;(1):1–14. DOI: 10.18137/RNU.V9187.23.01.P.61
6. Балашов А. М. Использование ИТ-технологий в различных сферах деятельности и формирование новой информационно-цифровой реальности. *Теоретическая экономика*. 2022;(9):35–41. DOI: 10.52957/22213260_2022_9_35
7. Шергин Д.А., Якович Ю.О., Поликанин А.Н. Использование инструментов OSINT для осуществления таргетированных атак. Сборник материалов Международной научной конференции «Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2024». Новосибирск: СГУГиТ; 2024;7(3):194–199. URL: <https://geosib.sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2024/tom-7-3/194-199.pdf>
8. Тихновецкий Д.И. Применение инструментов OSINT для повышения безопасности предприятия. *Молодой ученый*. 2021;51(393):31–33. URL: <https://www.elibrary.ru/wizcxb>
9. Тихновецкий Д.И. Применение инструментов OSINT для выявления уязвимостей информационной сети предприятия. *Молодой ученый*. 2021;51(393):33–37. URL: <https://www.elibrary.ru/vtazph>
10. Дворянкин О.А. OSINT, Pentest и нетсталкинг — информационные технологии интернета. *Национальная ассоциация ученых (НАУ)*. 2022;84(2):6–13. URL: <https://www.elibrary.ru/lqlpwz>



REFERENCES

1. Babash A.V., Baranova E.K. Aktual'nye voprosy zashchity informatsii. Monografija. 2-e izd., Moscow: RIOR: INFRA-M, 2025. URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=459567>. (In Russ.).
2. Baranova E.K., Komandirov A.IU. Teoretiko-metodologicheskie aspekty obespecheniya informatsionnoi bezopasnosti v nalogovoi sfere. Problemy informatsionnoi bezopasnosti sotsial'no-ekonomiceskikh system. Trudy XI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, (Gurzuf, 13–15.02.2025). Gurzuf; 2025:53–56. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=80375813>
3. Nedomolkina I.A.N. Competitive intelligence as a type of information support for decision-making in the field of forming and maintaining the competitiveness of an economic subject. *Modern Economics: Problems and Solutions*. 2023;4(160):101–117. (In Russ.). DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2023/4/101-117
4. Baranova E.K., Smirnov D.V. Analiz zashchishennosti informacionnoj sistemy` na osnove otkry`tyx istochnikov informacii. Problemy` Informacionnoj bezopasnosti — Sbornik statej V-oj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (Simferopol`-Gurzuf, 14–16.02.2019). Simferopol`: IP Zueva T.V. 2019:79–80. (In Russ.). URL: <https://publications.hse.ru/chapters/246796348>
5. Sidorova M.E. Kuzmin A.R. OSINT and its application for cyber security. Vestnik of the Russian new University. "Complex Systems: models, analysis, management". 2023;(1):1–14. (In Russ.). DOI: 10.18137/RNU.V9187.23.01.P.61
6. Balashov A.M. The use of It-technologies in various fields of activity and the formation of a new information and digital reality. *The Theoretical Economy*. 2022;(9):35–41. (In Russ.). DOI: 10.52957/22213260_2022_9_35
7. Shergin D.A., Yakovich Yu.O., Polikanin A.N. Using OSINT tools to perform targeted attacks. Collection of Materials. International Scientific Conference "Interexpo GEO-Siberia 2024". Novosibirsk; 2024;7(3):194–199. (In Russ.). URL: <https://geosib.sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2024/tom-7-3/194-199.pdf>.
8. Tikhnovetskiy D.I. Application of OSINT tools to enhance enterprise security. *A young scientist*. 2021;51(393):31–33. URL: <https://www.elibrary.ru/wizcxb>
9. Tikhnovetskiy D.I. Application of OSINT tools to identify vulnerabilities in the enterprise information network. *A young scientist*. 2021;51(393):33–37. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/vtazph>
10. Dvoryankin O.A. OSINT, Pентest and netstalking — information technologies of the Internet. *National Association of Scientists (NAS)*. (In Russ.). 2022;84(2):6–13. URL: <https://www.elibrary.ru/lqlpwz>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Елена Константиновна Баранова — доцент кафедры информационной безопасности, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Elena K. Baranova — Associate Professor, Department of Information Security, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0000-0003-4650-2623>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:
ekbaranova@fa.ru

Максим Юрьевич Петров — бакалавр кафедры информационной безопасности, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Maksim Yu. Petrov — bachelor, Department of Information Security, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0009-0002-3936-7267>

sofutoandwetox@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

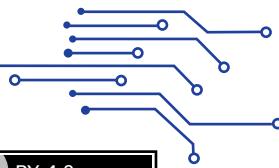
Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 29.04.2025; принята к публикации 05.05.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received 29.04.2025; accepted for publication 05.05.2025.

The authors read and approved the final version of the manuscript.



УДК 330.43:004.949(045)

Прогнозирование доходности финансовых инструментов: использование интерактивных средств моделирования и визуализации

П.Б. Лукьянов, М.Д. Балашова, К.Г. Левченко

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам автоматизации прогнозирования доходности финансовых инструментов посредством разработки инструментария для интерактивного управления параметрами стохастических моделей доходности, расчетов и визуализации результатов с использованием языка программирования R и библиотеки Shiny. Цель исследования заключается в создании web-приложения, с помощью которого у пользователя появляется возможность управлять всеми ключевыми показателями, влияющими на итоговую стоимость финансового инструмента, точно настраивать модель, по которой будут строиться траектории доходности. Для демонстрации связи того или иного параметра модели на итоговый финансовый результат реализована графическая интерпретация расчетов, что позволяет в режиме реального времени оценивать отклик модели на изменение любого параметра. В качестве математической базы при построении web-приложения использовались модель геометрического броуновского движения, метод Монте-Карло. Методология исследования основана на применении методов математического моделирования прогнозирования цен актива в условиях неопределенности. Основное внимание в работе приложения уделено вопросам интерактивной визуализации результатов симуляции как реакции на изменение состояния интерфейса пользователем. Данный подход позволяет пользователю в реальном времени работать в пространстве параметров модели, отслеживая и контролируя реакцию системы на все свои действия. Также в приложении реализованы функции оценки возможных сценариев изменения стоимости активов с учетом волатильности, ожидаемой доходности и ряда других характеристик. Результаты, полученные в ходе разработки и практического использования приложения, показывают высокую степень управляемости поведением модели с помощью визуальных элементов интерфейса приложения, наглядность представления в оценке ожидаемой доходности, а также возможность адаптации модели под различные финансовые инструменты. Заложенные в приложении варианты сценариев демонстрируют, как любые незначительные изменения входных параметров отражаются на наблюдаемых показателях актива, что подчеркивает важность интерактивного стохастического анализа в процессе принятия инвестиционных решений. Результаты исследования могут применяться в образовательных целях для изучения инструментов количественной оценки рисков и доходности, а также в инвестиционном анализе. Разработанное приложение демонстрирует инкапсуляцию сложных математических методов и понятий, оставляя пользователю наглядные и интуитивно понятные визуальные инструменты исследования финансовых рисков и прогнозирования доходности активов.

Ключевые слова: оценка доходности; инвестиционные риски; программирование R Shiny; Монте-Карло; математическое моделирование; стохастический анализ; геометрическое броуновское движение.

Для цитирования: Лукьянов П.Б., Балашова М.Д., Левченко К.Г. Прогнозирование доходности финансовых инструментов: использование интерактивных средств моделирования и визуализации. Цифровые решения и технологии искусственного интеллекта. 2025;1:45-52.

Forecasting the Profitability of Financial Instruments: Using Interactive Modeling and Visualization Tools

P.B. Lukyanov, M.D. Balashova, K.G. Levchenko

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The article is devoted to the issues of automating the forecasting of the profitability of financial instruments by developing tools for interactive management of the parameters of stochastic models of profitability, calculations and visualization of results using the R programming language and the Shiny library. The purpose of the study is to create a web application that allows the User to manage all the key indicators affecting the final value of a



financial instrument, to fine-tune the model by which the profitability trajectories will be built. To demonstrate the relationship of a particular model parameter to the final financial result, a graphical interpretation of the calculations is implemented, which allows real-time evaluation of the model's response to a change in any parameter. The geometric Brownian motion model and the Monte Carlo method were used as a mathematical basis for building the web application. The research methodology is based on the use of mathematical modeling methods for forecasting asset prices under uncertainty. The main focus of the application is on interactive visualization of simulation results as a response to changes in the User interface parameters. This approach allows the user to work with the model parameters in real time, monitoring and controlling the system's response to all of their actions. The application also implements functions for assessing possible scenarios for changing the value of assets, taking into account volatility, expected profitability, and a number of other characteristics. The results obtained during the development and practical use of the application show a high degree of control over the model's behavior using visual elements of the application interface, clarity of presentation in assessing the expected profitability, and the ability to adapt the model to various financial instruments. The scenario options embedded in the application demonstrate how any minor changes in the input parameters affect the observed asset indicators, which emphasizes the importance of interactive stochastic analysis in the process of making investment decisions. The results of the study can be used for educational purposes to study tools for quantitative risk and profitability assessment, as well as in investment analysis. The developed application demonstrates the encapsulation of complex mathematical methods and concepts, make available for the User with clear and intuitive visual tools for studying financial risks and forecasting asset profitability.

Keywords: profitability assessment; investment risks; R Shiny programming; Monte Carlo; mathematical modeling; stochastic analysis; geometric Brownian motion

For citation: Lukyanov P.B., Balashova M.D., Levchenko K.G. Forecasting the profitability of financial instruments: Using interactive modeling and visualization tools. *Digital Solutions and Artificial Intelligence Technologies*. 2025;1:45-52.

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции выполнения и представления научных исследований все больше перетекают в формат наукоемких специализированных web-сервисов (интерактивных дашбордов), с помощью которых ученый — пользователь такого сервиса получает возможности загрузки наборов исходных данных, выполнения различных манипуляций с данными, проведения анализа без знания языков программирования. В таких сервисах вся вычислительная работа выполняется на удаленном мощном компьютере (сервере), а собственно алгоритм обработки и анализа данных пользователь может реализовать на любом устройстве с выходом в интернет, используя стандартные визуальные элементы интерфейса (кнопки, слайдеры, переключатели и др.). Следует отметить, что порог входа для разработчиков, создающих такие наукоемкие сервисы, постоянно снижается, так как в настоящее время активно разрабатываются специализированные библиотеки, позволяющие практически любому исследователю, не являющемуся профессиональным программистом, создать сервис и представить свои разработки научному сообществу наиболее полно. В таких сервисах могут решаться задачи из различных прикладных областей [1–3]. Очевидно, что вопросы анализа и визуализации финансовой информации также могут быть представлены с помощью интерактивных дашбордов в наиболее наглядной форме.

Оценка рисков и доходности, связанных с постоянным изменением рыночной стоимости активов, является одним из ключевых вопросов в финансовой аналитике. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью создания доступного интерактивного инструмента, с помощью которого инвестор или трейдер может самостоятельно исследовать влияние различных рыночных параметров на динамику стоимости финансовых активов.

Существующие на сегодняшний день сервисы по большей части ориентированы на опытных инвесторов и трейдеров и предлагают профессиональные инструменты технического анализа реальных торгующихся акций, облигаций, фьючерсов и т.д. Вместе с тем современных решений, позволяющих начать изучение моделей, лежащих в основе алгоритмов торговли, и исследовать различные модели доходности, не так много, а самостоятельное изучение специальной литературы по данному вопросу потребует много времени и усилий. Разработанное авторами web-приложение предлагает удобный интерфейс для настройки параметров математической модели, визуализации результатов и сравнения различных сценариев роста доходности. Новизна исследования заключается в интеграции математических методов с интерактивными возможностями web-приложений, что позволяет пользователям в реальном времени выполнять анализ модели доходности актива, оценивать риски и принимать более обоснованные инвестиционные решения.



МЕТОДЫ

За основу моделирования взята математическая модель накоплений, описывающая геометрическое броуновское движение [4, 5]. Модель накопления описывается формулой, используемой в финансовой математике при изучении динамики цен акций и других активов:

$$S_t = S_0 \cdot e^{\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma W_t \right)},$$

где S_t — цена актива в момент времени (t); S_0 — начальная цена актива; μ — ожидаемая доходность (среднее значение логарифмической доходности); σ — волатильность (стандартное отклонение логарифмической доходности); W_t — винеровский процесс (стандартное броуновское движение).

Для генерации возможных траекторий актива используется метод Монте-Карло, позволяющий получить распределение возможных траекторий [6–8]. Этот метод предоставляет возможность оценить не только ожидаемые значения, но и распределение возможных результатов, а также вероятность убытков. Алгоритм включает следующие шаги:

- 1) пользователь задает параметры: начальную цену актива, процентную ставку, ожидаемую доходность, волатильность, период анализа, количество итераций и шагов;
- 2) приложение выполняет симуляцию, генерируя множество траекторий;
- 3) результаты отображаются в виде гистограмм и графиков временных рядов.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Программирование приложения выполнялось на языке R в среде разработки RStudio. Выбор инструментария разработки (R или Python) для создания наукоемкого приложения для непрограммиста был сделан в пользу R [9]. Анализ возможностей R в связке со специальными библиотеками языка для создания различных web-приложений [10, 11] показал необходимость использования базового функционала R вместе со следующими пакетами и расширениями:

- *shiny* — фреймворк для разработки интерактивных web-приложений, поддерживающих клиент-серверную технологию. Функции пакета shiny реализуют клиент-серверную архитектуру построения приложений, позволяя пользователю работать с приложением на любом устройстве, любой операционной системе;
- *shinythemes* — функции для изменения внешнего вида web-приложений. В зависимости от ре-

шаемой задачи дизайн приложений может существенно отличаться. В данном приложении был выбран строгий дизайн с акцентом на ключевые параметры модели;

- *shinyjs* — динамическое управление интерфейсом, валидация ввода пользователя. Проверка вводимых данных выполняется «на лету», ошибки ввода пользователь обнаруживает сразу;

- *shinycssloaders* — функции индикации выполнения протяженных во времени процессов. Для сложных нелинейных моделей время пересчета результатов после изменения параметров может быть значительным. Функции пакета предоставляют информацию пользователю о ходе выполнения расчетов;

- *ggplot2* — построение двумерных статистических графиков и визуализация данных. ggplot2 — основной пакет для построения профессионально оформленных графиков;

- *dplyr* — расширенные функции обработки данных;

- *tidyverse* — набор функций для очистки и преобразования данных.

В результате разработки приложения был спроектирован интерфейс пользователя с панелями управления параметрами моделирования, пример одного из экранов представлен на рис. 1. Для работы серверной части приложения реализована функция моделирования цены актива (рис. 2).

Для оптимизации трафика в случае размещения приложения на удаленном сервере использовались технологии «ленивой» серверной обработки, при которой реакция серверной части выполнялась только при изменении пользователем текущего состояния интерфейса.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенного исследования были выделены ключевые параметры, управляющие результатами модели геометрического броуновского движения, затем эти параметры были визуализированы в интерфейсной части приложения. Интерфейс сразу разрабатывался «умным», т.е. пользователь программы в принципе не имеет возможности задать значение, выходящее за предопределенные границы. В серверной части программы выполняется расчет ожидаемой доходности актива на основании параметров, получаемых из интерфейса. Визуализация результатов реализована в виде гистограмм и графиков. Приложение предоставляет возможность оценить вероятность убытков как долю траекторий, где конечная цена актива ниже начальной.

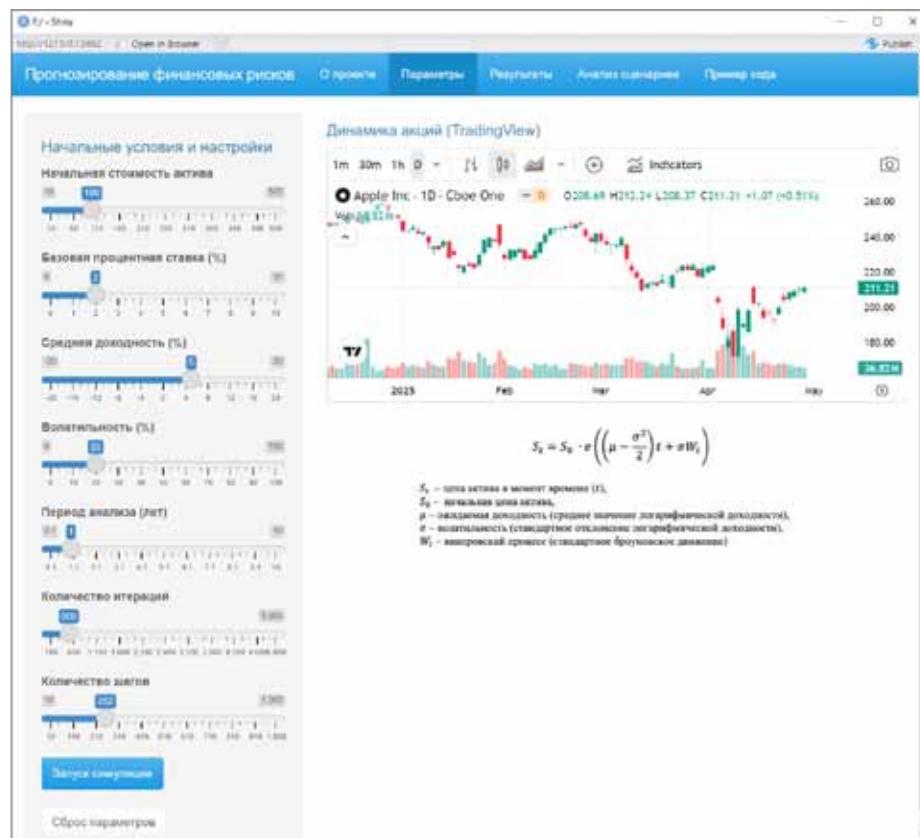
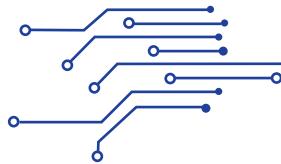


Рис. 1 / Fig. 1. Основная панель задания параметров поведения актива / Main Panel for Setting Asset Behavior Parameters

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

```
simulate_asset <- function(S0, r, mu, sigma, T, n_steps, n_iter) {
  dt <- T / n_steps
  time <- seq(0, T, length.out = n_steps + 1)
  simulations <- matrix(NA, nrow = n_iter, ncol = length(time))
  simulations[, 1] <- S0
  for(i in 1:n_iter) {
    for(t in 2:length(time)) {
      epsilon <- rnorm(1)
      simulations[i, t] <- simulations[i, t-1] *
        exp((mu - 0.5 * sigma^2) * dt +
        sigma * sqrt(dt) * epsilon)
    }
  }
  return(list(time = time, simulations = simulations))
}
```

Рис. 2 / Fig. 2. Код основной расчетной функции / Main Calculation Function Code

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

Работа с приложением выполняется на трех взаимосвязанных страницах: на странице «Параметры» интерактивные слайдеры позволяют задать набор исходных значений параметров и запустить расчет (кнопка «Симуляция») (см. рис. 1).

На странице «Результаты» представлена гистограмма распределения возможных вариантов стоимости актива и показаны сценарии, на основании которых были получены данные для гистограммы (рис. 3). Помимо анализа доходности по исходным

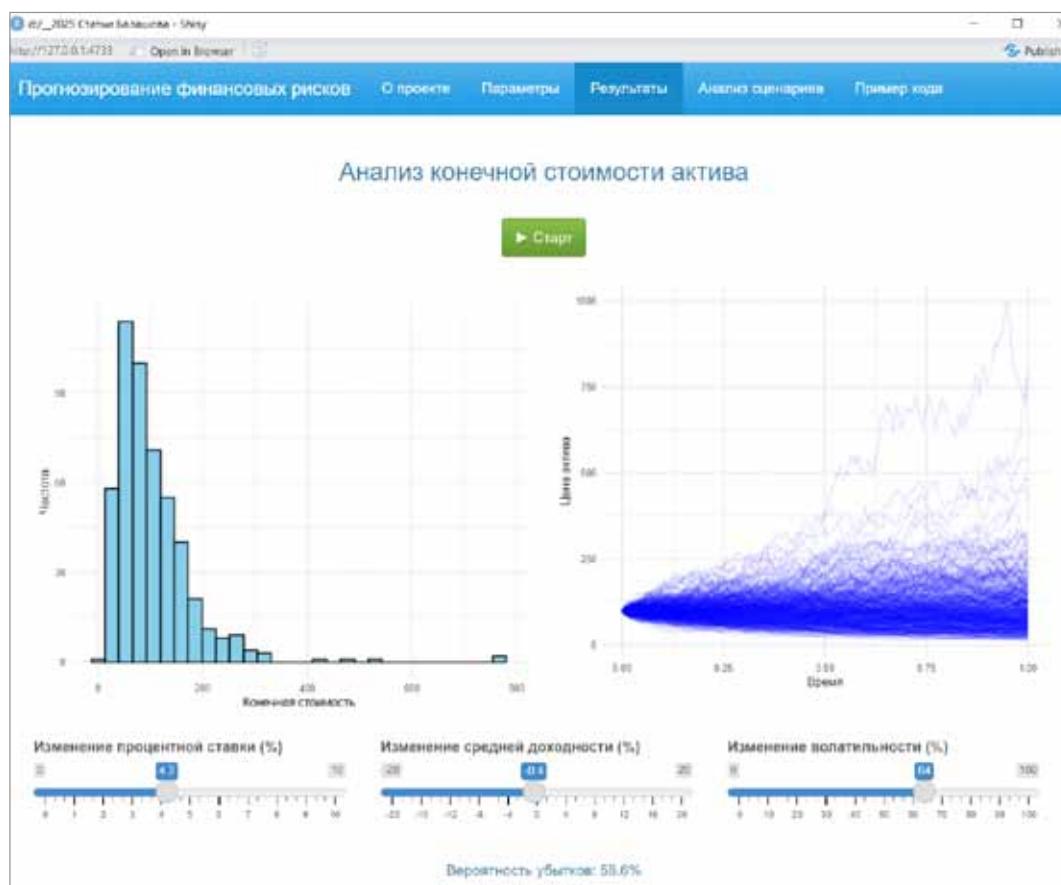
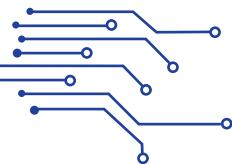


Рис. 3 / Fig. 3. Варианты представления конечной цены актива / Options for Presenting the Final Price of an Asset

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

данным исследуется влияние параметров (например, волатильности, процентной ставки, средней доходности) на варианты конечной стоимости актива. Для этого нужно «потянуть» ползунок любого слайдера и картинка сразу будет перерисована, отражая новые исходные данные для построения модели.

Интересно назначение кнопки «Старт»: при нажатии на кнопку запускается анимация, во время которой пользователь наблюдает, как пошаговые изменения значений слайдеров влияют на итоговые результаты. Ползунки слайдеров движутся самостоятельно, меняя картинку многократно и плавно.

На странице «Анализ сценариев» настройка сценарного анализа выполняется выбором альтернативных значений наиболее важных параметров модели (процентная ставка, средняя доходность, волатильность), выводятся гистограммы исходного распределения (базовый сценарий) и распределения, полученного по альтернативным значениям (сценарий пользователя). На скриншоте экрана (рис. 4) показано, как изменение параметров влияет на конечные результаты.

Достоверность результатов web-приложения проверена анализом распределения конечных цен и сравнением с теоретическими ожиданиями. Например, увеличение волатильности приводит к расширению разброса конечных значений, что соответствует свойствам модели геометрического броуновского движения.

ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Использование интерактивных инструментов в задачах моделирования стоимости финансовых активов предоставляет возможности «на лету» исследовать роль и влияние ключевых параметров, определяющих ценообразование актива.
2. Интуитивно-понятный интерфейс, наглядные графики, возможность в приложении оценивать вклад как одного параметра, так и совокупности выбираемых пользователем параметров значительно снижает порог входа для желающих понять основные принципы, лежащие в основе биржевой торговли, так как теоретические положения

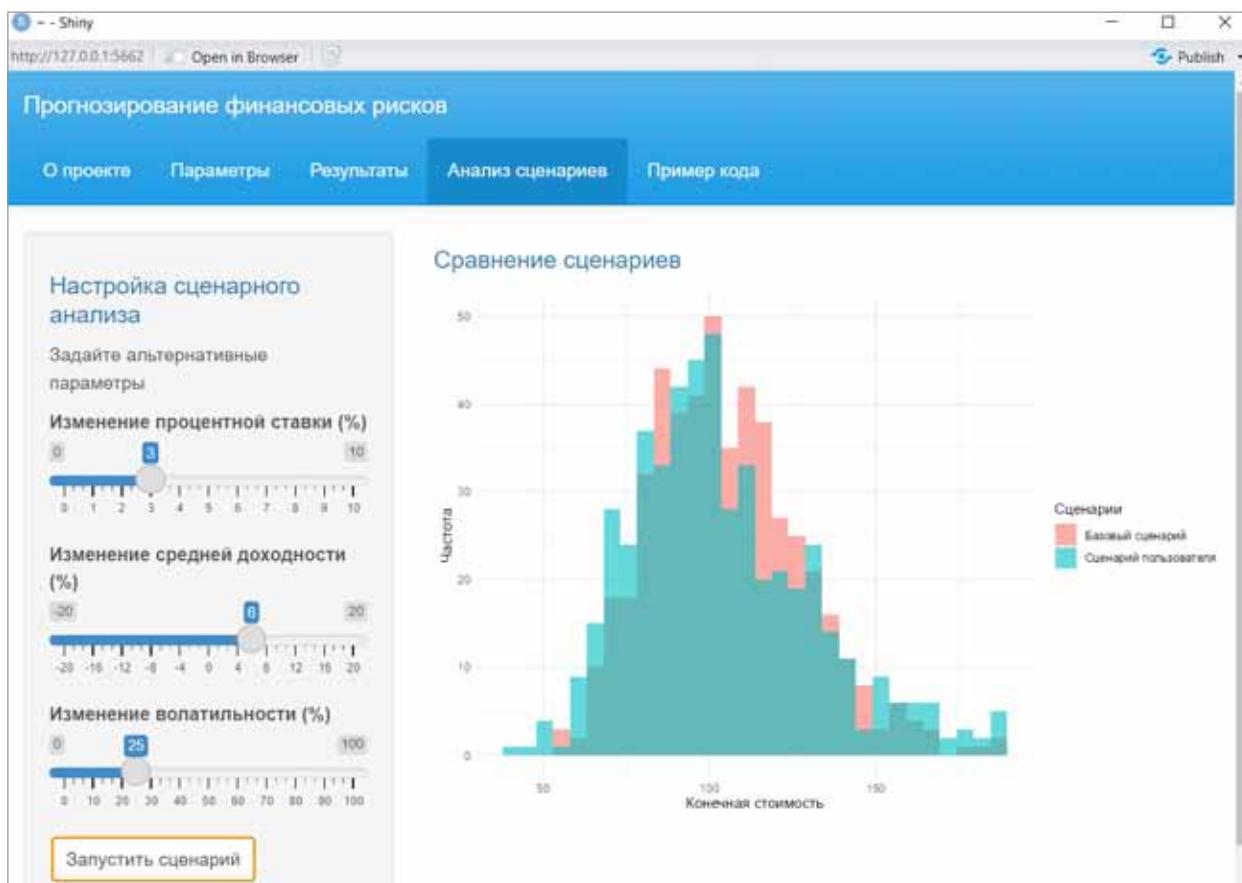


Рис. 4 / Fig. 4. Отображение результатов анализа сценариев / Displaying the Results of Scenario Analysis

Источник / Source: составлено авторами / Complied by the authors.

жения могут быть проверены и протестированы сразу, движением нескольких ползунков и регуляторов в интерфейсе приложения.

3. Разработка web-сервисов, аналогичных рассмотренному, не вызывает значительных трудностей и может быть выполнена студентом I-II курсов любой специальности с базовыми навыками программирования, что позволяет рекомендовать язык R и рассмотренные библиотеки к изучению при разработке своих собственных проектов.

4. Возможность размещения приложения на сервере с предоставлением доступа пользователям к интерфейсной части приложения через браузер существенно упрощает механизм обновления приложения в случае выхода новых версий по сравнению с традиционным способом распространения научноемкого открытого программного обеспечения, распространяемого в виде исходного кода.

Исследование демонстрирует эффективность интеграции стохастических моделей с интерактивными инструментами. Разработанное web-

приложение предоставляет возможность более подробно изучать финансовые риски, повышая доступность сложных математических методов для широкой аудитории.

Приложение может использоваться в высших учебных заведениях соответствующего профиля для наглядного изучения метода Монте-Карло и геометрического броуновского движения, а также в инвестиционном анализе — для предварительной оценки рисков перед принятием решений.

Основное ограничение разработки при практическом использовании в биржевой торговле — зависимость результатов от ограничений математической модели. Расширение параметров модели, разработка библиотек моделей с возможностью выбора модели ценообразования финансового актива позволит перевести приложение из ряда учебно-познавательных разработок на уровень профессиональных инструментов трейдера и инвестора. Помимо развития математической составляющей приложения, авторы планируют добавить возможность импорта реальных данных и дополнительные финансовые инструменты.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лукьянов П.Б., Мелехина Т.Л. Визуализация результатов исследования на примере динамической оценки показателей национальных целей. *Самоуправление*. 2022;5(133):42–45. URL: <https://elibrary.ru/rraimr>
2. Лукьянов П.Б. Интерактивное моделирование экономических потерь при планировании кормосмесей *Информационно-измерительные и управляющие системы*. 2023;21(6):38–47. DOI: 10.18127/j20700814–202306–05
3. Лукьянов П.Б. Разработка инструментария для оценки и измерения потерь, связанных с дисбалансом кормления сельскохозяйственных животных. *Мягкие измерения и вычисления*. 2023;72(11–1):5–14. DOI: 10.36871/2618–9976.2023.11.001
4. Buckner D., Dowd K., Hulley H. Arbitrage problems with reflected geometric Brownian motion. *Finance and Stochastics*. 2024;(28):1–26. DOI: 10.1007/s00780–023–00525–x
5. Fathi Vajargah K., Shoghi M. Simulation of Stochastic differential equation of geometric Brownian motion by quasi-Monte Carlo method and its application in prediction of total index of stock market and value at risk. *Mathematical Sciences*. 2015;(9):115–125. DOI: 10.1007/s40096–015–0158–5
6. Graf S., Korn R. A guide to Monte Carlo simulation concepts for assessment of risk-return profiles for regulatory purposes. *European Actuarial Journal*. 2020;(10):273–293. DOI: 10.1007/s13385–020–00232–3
7. Вардомацкая Е.Ю., Асоблева П.С. Имитационное моделирование инвестиционных рисков методом Монте-Карло. *Материалы и технологии*. 2022;(1):50–57. DOI: 10.24412/2617–149X–2022–1–50–57
8. Бусленко Н.П., Голенко Д.И., Соболь И.М., Срагович В.Г., Шрейдер Ю.А. Метод статистических испытаний (Монте-Карло). М.: Физматгиз; 1962. 332 с. URL: <https://elibrary.ru/zgemdt>
9. Мясоедова В.А. Сравнение технологий создания интерактивных веб-приложений на примере Dash и Shiny. *Modern Science*. 2021;(1–1):479–482. URL: <https://elibrary.ru/wkbkbi>
10. Combs P., Erickson J., Hsieh Ju.H., Guo K., Nolte S., Schmitt Ch., Auerbach S., Hur Ju. Tox21enricher-shiny: An R shiny Application for Toxicity Functional Annotation Analysis. *Frontiers in toxicology*. 2023;5. DOI: 10.3389/ftox.2023.1147608
11. Sanz S., Kreitchmann R.S., Nájera P., Moreno J.D., Martínez-Huertas J.A., Sorrel M.A. Foco: a shiny app for formative assessment using cognitive diagnosis modeling. *Psicología educativa*. 2023;29(2):149–158. DOI: 10.5093/psed2022a14

REFERENCES

1. Lukyanov P.B., Melekhina T.L. Visualization of research results using the example of dynamic assessment of national goal indicators. *Samoupravleniye*. 2022;5(133):42–45. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/rraimr>
2. Lukyanov P.B. Interactive modeling of economic losses in planning feed mixtures. *Information-measuring and Control Systems*. 2023;21(6):38–47. (In Russ.). DOI: 10.18127/j20700814–202306–05
3. Lukyanov P.B. Development of tools for assessing and measuring losses associated with imbalances in feeding farm animals. *Soft measurements and calculations*. 2023;72(11–1):5–14. (In Russ.). DOI: 10.36871/2618–9976.2023.11.001
4. Buckner D., Dowd K., Hulley H. Arbitrage problems with reflected geometric Brownian motion. *Finance and Stochastics*. 2024;(28):1–26. DOI: 10.1007/s00780–023–00525–x
5. Fathi Vajargah K., Shoghi M. Simulation of Stochastic differential equation of geometric Brownian motion by quasi-Monte Carlo method and its application in prediction of total index of stock market and value at risk. *Mathematical Sciences*. 2015;(9):115–125. DOI: 10.1007/s40096–015–0158–5
6. Graf S., Korn R. A guide to Monte Carlo simulation concepts for assessment of risk-return profiles for regulatory purposes. *European Actuarial Journal*. 2020;(10):273–293. DOI: 10.1007/s13385–020–00232–3
7. Vardomatskaya E. Yu., Asobleva P. S. Monte-Carlo Simulation of Investment Risks. *Materials and Technologies Journal*. 2022;(1):50–57. (In Russ.). DOI: 10.24412/2617–149X–2022–1–50–57
8. Buslenko N.P., Golenko D.I., Sobol I.M., Sragovich V.G., Shreider Yu.A. Method of statistical tests (Monte Carlo), Moscow: Fizmatgiz; 1962. 332 p. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/zgemdt>
9. Myasoedova V.A. Comparison of technologies for creating interactive web applications using Dash and Shiny as an example. *Modern Science*. 2021;(1–1):479–482. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/wkbkbi>
10. Combs P., Erickson J., Hsieh Ju.H., Guo K., Nolte S., Schmitt Ch., Auerbach S., Hur Ju. Tox21enricher-shiny: An R shiny application for toxicity functional annotation analysis. *Frontiers in toxicology*. 2023;5. DOI: 10.3389/ftox.2023.1147608
11. Sanz S., Kreitchmann R.S., Nájera P., Moreno J.D., Martínez-Huertas J.A., Sorrel M.A. Foco: A shiny app for formative assessment using cognitive diagnosis modeling. *Psicología educativa*. 2023;29(2):149–158.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Павел Борисович Лукьянин — доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры математики и анализа данных факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Pavel B. Lukyanov — Doct. (Econ.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., of the Department of Mathematics and Data Analysis of the Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0000-0001-6854-829X>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:
plukjanov@fa.ru

Мария Дмитриевна Балашова — студентка 2-го курса факультета информационных технологий и анализа больших данных, направление «Математика и компьютерные науки», Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Maria D. Balashova — second year student of Mathematics and Computer Science, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0009-0005-8413-9265>
237411@edu.fa.ru

Кирилл Геннадиевич Левченко — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математики и анализа данных факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Kirill G. Levchenko — Cand. Sci. (Phys. and Math.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., of the Department of Mathematics and Data Analysis of the Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0009-0008-7380-3388>
kglevchenko@fa.ru

Заявленный вклад авторов:

П.Б. Лукьянин — консультации по архитектуре и разработке приложения, окончательная редакция статьи, результаты и выводы.

М.Д. Балашова — программирование и отладка приложения, базовые положения работы, результаты и выводы.

К.Г. Левченко — обзор пакетов R, консультации по разработке приложения.

Authors' declared contribution:

Pavel B. Lukyanov — consulting on application architecture and development, final revision of the article, results and conclusions.

Maria D. Balashova — programming and debugging the application, basic principles of work, results and conclusions.

Kirill G. Levchenko — R package overview, application development consultations.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 29.04.2025; принята к публикации 05.05.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received 29.04.2025; accepted for publication 05.05.2025.

The authors read and approved the final version of the manuscript.