

DOI: 10.12731/2070-7568-2023-12-1-78-100

УДК 659.1



## МОДЕЛЬ RANDOM FOREST НА ОСНОВЕ BIG DATA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Н.И. Ломакин, О.В. Юрова, Е.В. Кособокова,  
О.А. Минаева, В.Ф. Трунина, Ю.А. Качанов*

*В статье анализируются современные тенденции применения искусственного интеллекта, когнитивных технологий, Big Data и других инноваций в целях прогнозирования устойчивости банковской системы РФ. Обобщены современные тенденции развития банковских инноваций в условиях цифровизации экономики. Среди использованных методов исследования следует отметить систему искусственного интеллекта «Случайный лес», сформированную в облачном сервисе Google Collab на языке Python. Предложена нейросетевая модель прогноза динамики прибыли банков на основе использования модели машинного обучения «Случайный лес» (RF – random forest). Результаты исследования свидетельствуют о том, что при среднем значении прибыли банков за период 2010-2021 гг. 1126,0416 млрд. руб., средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error) составила 129.96666 млрд. руб., или 11,5%, что в условиях рыночной неопределенности можно рассматривать как хороший результат. Анализ показал, что современные тенденции носят глобальный характер и приводят к качественным изменениям в протекании бизнес-процессов между потребителями банковских услуг и кредитными организациями.*

***Цель:** сформировать модель, которая предсказывает значение целевой переменной – прибыль банковской системы с помощью модели глубокого обучения «Случайный лес», который представляет собой ансамбль «деревьев решений». Дерево можно рассматривать как кусочно-постоянное приближение.*

*Научная новизна в том, чтобы выдвинуть и доказать гипотезу, что с помощью сформированной системы искусственного интеллекта «Случайный лес» может быть получен прогноз прибыли коммерческих банков РФ.*

***Метод, или методология проведения работы.** В работе применялись такие методы исследования, как монографический, аналитический, система искусственного интеллекта «Случайный лес», а также сравнительный*

анализ. Расчеты выполнялись в таблицах XL, облачном сервисе Google Collab на языке Python.

**Результаты.** Представлена разработанная AI-система «Случайный лес», предназначенная для прогнозирования прибыли банков. Представляет практическую значимость использование результатов нейронной сети «Случайный лес» для прогнозирования развития кредитных организаций, что позволяет решить крупную народно-хозяйственную задачу – обеспечение устойчивости банковской системы РФ. Предложена нейросетевая модель прогноза динамики прибыли банков на основе использования модели машинного обучения «Случайный лес» (RF – random forest), представляющий собой алгоритм машинного обучения, который заключается в использовании ансамбля (совокупности) деревьев решений (decision trees).

**Область применения результатов:** финансовая сфера, банковский сектор, прогнозирование и обеспечение устойчивой деятельности кредитных организаций РФ.

**Ключевые слова:** AI-модель; «Случайный лес»; цифровая экономика; устойчивость банковской системы. Для цитирования. Ломакин Н.И., Юрова О.В., Кособокова Е.В., Минаева О.А., Трунина В.Ф., Качанов Ю.А. Модель Random Forest на основе Big Data для прогнозирования устойчивости банковской системы Российской Федерации // Наука Красноярья. 2023. Т. 12, №1. С. 78-100. DOI: 10.12731/2070-7568-2023-12-1-78-100

## **RANDOM FOREST MODEL ON BIG DATA FOR FORECASTING THE STABILITY OF THE BANKING SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION**

***N.I. Lomakin, O.V. Yurova, E.V. Kosobokova,  
O.A. Minaeva, V.F. Trunina, Y.A. Kachanov***

*The article analyzes current trends in the use of artificial intelligence, cognitive technologies, Big Data and other innovations in order to predict the stability of the Russian banking system. The current trends in the development of banking innovations in the context of digitalization of the economy are summarized. Among the research methods used, the Random Forest artificial intelligence system, formed in the Google Collab cloud service in Python, should be noted. A neural network model for predicting the dynamics of bank profits based on the use of the Random Forest (RF – random forest) machine learning model is proposed. The results of the study indicate that, with the average value of the profit of banks for the period*

2010-2021. 1126.0416 billion rubles, the mean absolute error (Mean Absolute Error) amounted to 129.96666 billion rubles, or 11.5%, which can be regarded as a good result in conditions of market uncertainty. The analysis showed that current trends are global in nature and lead to qualitative changes in the flow of business processes between consumers of banking services and credit institutions.

**Purpose:** is to form a model that predicts the value of the target variable – the profit of the banking system using the Random Forest deep learning model, which is an ensemble of “decision trees”. The scientific novelty is to put forward and prove the hypothesis that with the help of the formed artificial intelligence system “Random Forest”, a profit forecast for commercial banks of the Russian Federation can be obtained.

**Method or methodology of the work.** The work used such research methods as: monographic, analytical, artificial intelligence system – “Random Forest”, as well as comparative analysis. Calculations were performed in XL tables, Google Collab cloud service in Python.

**Results.** The developed AI-system “Random Forest”, designed to predict the profits of banks, is presented. It is of practical importance to use the results of the Random Forest neural network to predict the development of credit institutions, which makes it possible to solve a major national economic problem - ensuring the stability of the banking system of the Russian Federation. A neural network model for predicting the dynamics of bank profits based on the use of the Random Forest (RF) machine learning model is proposed, which is a machine learning algorithm that consists in using an ensemble (set) of decision trees.

**The scope of the results:** the financial sector; the banking sector; forecasting and ensuring the sustainable activity of credit institutions in the Russian Federation.

**Keywords:** AI-model; “Random Forest”; digital economy; stability of the banking system For citation. Lomakin N.I., Yurova O.V., Kosobokova E.V., Minaeva O.A., Trunina V.F., Kachanov Y.A. Random Forest Model on Big Data for Forecasting the Stability of the Banking System of the Russian Federation. *Krasnoyarsk Science*, 2023, vol. 12, no. 1, pp. 78-100. DOI: 10.12731/2070-7568-2023-12-1-78-100

## Введение

В современных условиях отмечается стремительное развитие процессов цифровизации, что связано с внедрением технологий «Индустрия 4.0» [4, 5, 6,], среди ее важнейших элементов следует отметить когнитивные технологии, киберфизические системы, умное производство, виртуальную и дополненную реальность, интернет вещей, Big Data и другие инструменты, включая трансформацию моделей взаимодействия между участниками хозяйственной деятель-

ности [1, 8, 11, 13, 12]. Big Data или большие данные – это структурированные или неструктурированные массивы данных большого объема. Их обрабатывают при помощи специальных автоматизированных инструментов, чтобы использовать для статистики, анализа, прогнозов и принятия решений [15].

Банковская индустрия в этих условиях также претерпела значительные изменения за последние годы и продолжает испытывать трансформации и далее, в частности, появились необанки (работающие лишь в онлайн, без использования филиальной сети) [9]. По оценкам экспертов, лояльность клиентов к небанкам уже в три раза выше, чем к традиционным. Практически 70% мировых потребителей готовы использовать финансовые сервисы нефинансовых компаний. Серьезные изменения на рынке банковских услуг произошли как в технологической, так и продуктовой части и во взаимодействии с клиентами [2, 3]. Важной проблемой в современных условиях становится прогнозирование прибыли банковской системы для оценки и обеспечения ее финансовой устойчивости. Помочь в решении этой многогранной проблемы могут нейронные сети, в частности, модель машинного обучения «Случайный лес».

Актуальность исследования состоит в том, что в условиях цифровой трансформации финансового сектора в настоящее время происходит увеличение масштабов применения цифровых инноваций в банковском секторе, в том числе искусственного интеллекта (AI), больших данных (Big Data) и т. д., что требует изучения тенденций и перспектив развития нейросетевых технологий в условиях цифровых трансформаций бизнес-процессов в банковской деятельности, а также оценки влияния этих изменений на устойчивость банковской системы.

Современные системы поддержки принятия управленческих решений демонстрируют свою востребованность и перспективность, поскольку основаны на использовании искусственного интеллекта и возможностях других цифровых технологий, что повышает качество принимаемых решений. Практическая значимость исследования заключается в том, что предложенная нейросеть может использоваться для прогнозирования развития кредитных организаций, что позво-

ляет решить крупную народно-хозяйственную задачу – обеспечение устойчивости банковской системы Российской Федерации. В представленном исследовании проанализированы современные тенденции развития банковского сектора Российской Федерации и обобщены современные направления развития Big Data и использования соответствующих технологий и инноваций обеспечивающие инновационное развитие экономики в условиях цифровизации [3, 14].

Научная новизна в том, что была выдвинута и доказана гипотеза, что с использованием нейросети «Случайный лес» может осуществляться прогнозирование прибыли банковской системы Российской Федерации, что может быть полезно как для руководства банков, так и для органов власти нашей страны, поскольку эта информация позволяет оценивать устойчивость развития банковской системы.

### **Методы**

В работе использовались такие методы, как монографический, аналитический, система искусственного интеллекта «Случайный лес», а также сравнительный анализ. Расчеты выполнялись в таблицах XL, облачном сервисе Google Collab[2]. «Случайный лес» (RF – random forest) представляет собой алгоритм машинного обучения, который формирует и позволяет использовать ансамбль (совокупность) деревьев решений (decision trees). Деревья решений (DT) – это непараметрический контролируемый метод обучения, используемый для классификации и регрессии. В некоторых случаях деревья решений обучаются на основе данных, чтобы аппроксимировать кривую вариационного ряда с набором правил принятия решений «если-то-еще». Чем глубже дерево, тем сложнее правила принятия решений и тем лучше модель.

Применяемая AI-система «дерево решений», модели «Случайный лес» представляет собой систему искусственного интеллекта. Использование искусственного интеллекта все чаще проявляется в разных формах, например, в использовании роботов-консультантов, при этом финансовый сектор не является исключением. Кэтрин Д’Ондт, Руди Де Винн, Эрик Гизелс и Стив Рэймонд провели исследование по ис-

пользованию системы «Альтер-эго» с искусственным интеллектом в сфере роботизированных инвестиций. Авторы ввели понятие «AI Alter Ego», которые представляют собой теневых роботов-инвесторов. На основе использования уникального набора данных, охватывающего брокерские счета большого количества инвесторов в выборке с января 2003 г. по март 2012 г., включая финансовый кризис 2008 г., были оценены преимущества робо-инвестирования [19].

Финансовая устойчивость, по мнению ряда экспертов, недостаточно представлена как в исследованиях, так и в практике управления устойчивостью и отчетности. Представляет интерес предлагаемая концептуальная мера финансовой устойчивости и исследуется ее связь с доходностью рынка капитала, которая, по мнению Вернера Глайснера и его коллег, находится на стыке управления устойчивостью, управления рисками и управления рисками. Финансовая устойчивость рассматривается как важнейший контрольный параметр, дополняющий акционерную стоимость, и может рассматриваться инвесторами, не склонными к риску, как второстепенное условие инвестиционных решений [28].

Одним из перспективных направлений является использование глубоких нейронных сетей в банковской сфере. Например, Р. Кржиштофом и его коллегами предложена нейронная оценка риска в сетях ненадежных ресурсов [22].

По мнению отдельных авторов, целесообразно использовать алгоритм на основе GNN, который обучается только на случайных графах, сгенерированных с использованием модели Барабаши-Альберта. Дж. Кларксон с соавторами предложил нейронную сеть DAMNETS, которая представляет собой глубокую генеративную модель для временных рядов сети Маркова. Сети временных рядов встречаются во многих областях, таких как торговые или платежные сети в экономике [17]. Использование генеративных моделей полезно для оценки Монте-Карло и улучшения набора данных, что представляет интерес как для конфиденциальности данных, так и для подбора модели.

Х. Бинъян изучал устойчивую к распределению оценку ожидаемых значений функции по временным данным. Он аппроксимировал

тестовые функции с помощью нейронных сетей и доказал сложность выборки, используя сложность Радемахера [16].

Случайный лес, по мнению Чжу Тонтянь, представляет собой гибкий алгоритм с широким спектром приложений, который хорошо работает с большим количеством наборов данных [27]. Кроме того, случайный лес невосприимчив к статистическим предположениям, а также к нагрузке на предварительную обработку и может обрабатывать большой набор данных с высокой размерностью и пропущенными значениями.

### **Результаты исследования**

#### ***Теоретические основы устойчивости банковской системы***

В условиях стремительного развития цифровизации, наблюдается широкое использование в целях анализа трендов и прогнозирования на ближайшую и отдаленную перспективу «быстрого форсайта» (англ. Rapid Foresight, RF). Н.И. Ломакин с соавторами предложил систему искусственного интеллекта для изучения структуры инвестиционных портфелей российских банков [17].

Многие банковские инновации базируются на технологиях «Индустрии – 4.0». Суть четвертой промышленной революции, в отличие от уже свершившихся первой, второй и третьей, не только в появлении новых технологий, но и в интеграции уже существующих в одну целостную систему.

В 2022 нобелевскую премию по экономике получили Бен Бернанке, Дуглас Даймонд [20] и Филип Дибвиг «за изучение банков и финансовых кризисов» [10]. Труды лауреатов наглядно демонстрируют, насколько жизненно важно сохранение стабильности банковского сектора, особенно в периоды финансовых потрясений.

Еще в середине 1980-х эти авторы предложили теоретическое обоснование эффективности банка как финансового посредника в экономике с множеством инвесторов (вкладчиков), характеризующихся положительной вероятностью возникновения неожиданной потребности в ликвидных средствах на любом этапе своего жизненного цикла (шока ликвидности), и заемщиков, инвестиционные проекты которых

не всегда абсолютно прозрачны, и при этом требуют долгосрочного финансирования. Ключевую роль банков авторы видят в том, чтобы аккумулировать средства многочисленных вкладчиков, предлагая им контракты с возможностью досрочного закрытия вкладов, и выдавать кредиты значительному числу разнородных, с точки зрения кредитного риска, заемщиков, обеспечивая эффективный мониторинг надежности совокупного кредитного портфеля и достаточный уровень кредитной дисциплины. Банк в такой модели выступает агентом, осуществляющим диверсификацию рисков возникновения шоков ликвидности и кредитных рисков, и обеспечивает более эффективную трансформацию сбережений в инвестиции, чем распределенный рынок каких-либо иных финансовых инструментов, и является, по сути, поставщиком ликвидности для реального сектора экономики.

Авторы, исследуя взаимодействие между банком и вкладчиками в экстремальных условиях, сформировали уравнение, отражающее некоторые закономерности. Банки выпускали депозиты до востребования на протяжении всей своей истории, и экономисты уже давно догадались, что депозиты до востребования являются средством, с помощью которого банки выполняют свою роль по обороту неликвидных активов в ликвидные активы. В этой роли банки можно рассматривать как страховщиков, которые позволяют агентам потреблять, когда они больше всего в этом нуждаются. Предложенная авторами простая модель показывает, что асимметричная информация лежит в основе спроса на ликвидность, что, не отмечено явно в предыдущих исследованиях и литературных источниках.

Модель имеет три периода ( $T = 0, 1, 2$ ) и один однородный товар. Производительная технология дает  $R > 1$  единиц продукции, в периоде 2 на каждую единицу ресурсов в периоде 0. Если производство прерывается в периоде 1, ликвидационная стоимость представляет собой только первоначальные инвестиции. Таким образом, продуктивная технология может быть представлена уравнением

$$\begin{array}{ccc}
 T=0 & T=1 & T=2, \\
 -1 & 0 & R \\
 1 & 0 & 
 \end{array} \quad (1)$$

где выбор между  $(0, R)$  и  $(1, 0)$  производится в периоде 1.



Возможности обеспечения устойчивости банковскому сектору расширяются благодаря применению искусственного интеллекта.

### *Модель машинного обучения «Случайный лес» (Random Forest (RF))*

Важное значение имеет использование нейросетевой модели RF, которая формирует прогнозное значение выходного параметра. В нашем случае RF будет формировать прогноз величины прибыли банковской системы. Случайный лес (random forest) – это алгоритм машинного обучения, который заключается в использовании ансамбля (совокупности) деревьев решений (decision trees). Безусловно, на динамику прибыли банковской системы влияет множество различных факторов, которые были включены в датасет. Датасет с исходной информацией, для использования в ML-модели RF представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Датасет с исходной информацией, для использования в ML-модели RF

Год	Ключевая ставка на конец года	Прирост активов банков, %	Доля просроченных ссуд, %	ВВП, млрд. руб.	Индекс РТС	Курс доллара, руб.	Инвестиции в основной капитал в ВВП, %	Количество россиян, имеющих счета на бирже, тыс. чел.	Отток капитала, млрд. долл.	Риск (VaR), банковской системы, млрд. руб.	Активы банков, трлн. руб.	Прибыль банков, млрд. руб.
2021	8,5	16	23,5	131015	1610	73,7	21,2	38300	72	-108,5	120	2400
2020	4,25	16,8	17,8	107315	1376	73,8	16,5	32300	53	-72,7	103,7	1608
2019	7,25	10,4	5,9	109242	1549	62,0	20,6	3069	25,2	-77,6	92,6	1715
2018	7,75	6,4	7,5	103862	1158	69,8	20,6	1955	60	-77,1	92,1	1705
2017	8,25	-3,5	9,3	91843	1154	57,6	21,4	1310	33,3	-58,8	85,2	1300
2016	10	6,9	10,5	85616	1152	61,3	21,2	1103	15,4	-35,7	72,93	790
2015	11	35,2	7,9	83087	839	73,6	20	1007	56,9	-16,3	76,9	360
2014	9,5	16	5,8	79030	958	55,9	20,5	945	154,1	-8,7	49,3	192
2013	5,5	18,9	4,6	72986	1455	32,9	21,2	882	61	-26,6	49,8	589,1
2012	5,5	23,1	5,6	68103	1452	30,6	20,9	806	53,9	-44,9	46,68	993,5
2011	8	14,9	5,8	60114	1547	32,2	20,7	772	81,4	-45,8	41,6	1011,9
2010	8,25	12,1	6,1	44491	1634	30,2	20,6	714	30,8	-38,4	24,7	848

В проведенном исследовании в нейросетевую модель RF, позволяющую сформировать прогноз прибыли банков на следую-

ший период были включены такие факториальные признаки, как: Ключевая ставка на конец года, Прирост активов банков (%), Доля просроченных ссуд (%), ВП (млрд. руб.), Индекс РТС, Курс доллара (руб.), Инвестиции в основной капитал в ВВП (%), Количество россиян, имеющих счета на бирже (тыс. чел.), Отток капитала (млрд. долл.), Риск (VaR) банковской системы (млрд. руб.), Активы банков (трлн. руб.), причем эти параметры в дальнейшем легли в основу формирования узлов деревьев решений в ансамбле «Случайного леса».

Ключевая идея использования случайного леса заключается в том, что качество классификации в случайном лесу повышается за счет большого количества ансамблей деревьев решений. Классификация проводится путем голосования деревьев, где каждое дерево относит классифицируемый объект к одному из классов. Формирование дерева принятия решений производилось с помощью Scikit-Learn библиотеки в Python (рисунок 1).

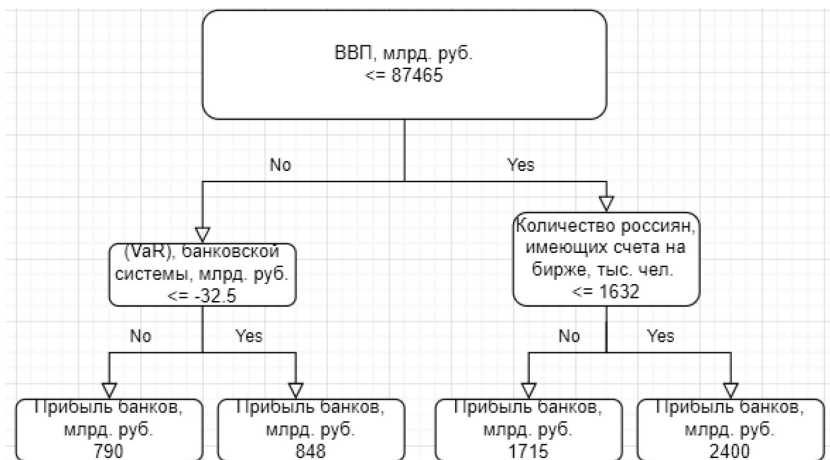


Рис. 1. Фрагмент «Дерева решений» RF[разработка автора]

Для каждого атрибута в наборе данных алгоритм дерева решений формирует узел, в котором наиболее важный атрибут помещается в корневой узел. В ходе исследования, процесс формирования

начинается с корневого узла и продвигается вниз по дереву, следуя за соответствующим узлом, который соответствует выбранным условию или «решению». Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнут конечный узел, содержащий прогноз или результат дерева решений. Дерево решений – один из наиболее часто и широко используемых алгоритмов контролируемого машинного обучения, который может выполнять задачи, как 1) регрессии, так и 2) классификации. Для прогнозирования используется метод прогнозирования класса DecisionTreeClassifier. Процесс решения проблемы регрессии с помощью дерева решений с использованием Scikit Learning очень похож на процесс классификации. Однако для регрессии используют класс DecisionTreeRegressor древовидной библиотеки. Интуиция, лежащая в основе алгоритма decision tree, проста, но при этом очень эффективна. Использование дерева принятия решений осуществляется с помощью Scikit-Learn в Python.

Дерево двоичной классификации (соответственно регрессии), как известно, представляет собой модель ввода-вывода, представленную древовидной структурой  $T$  из случайного входного вектора  $(X_1 \dots X_p)$ , принимающего свои значения в  $(X_1^* \dots X_p^*) = X$  в случайную выходную переменную  $Y \in Y$ . Дерево строится из обучающей выборки размера  $N$ , взятой из  $P(X_1 \dots X_p, Y)$ , с использованием рекурсивной процедуры, которая идентифицирует в каждом узле  $t$  разбиение  $s_t = s^*$ , для которого разбиение выборок узла  $N_t$  на  $t_L$  и  $t_R$  максимизирует уменьшение некоторой примесной меры  $i(t)$  (например, индекса Джини, энтропии Шеннона или дисперсии  $Y$ ), и где  $p_L = N_{t_L} / N_t$  и  $p_R = N_{t_R} / N_t$ , как это видно из формулы.

$$\Delta_i(s, t) = i(t) - p_L i(t_L) - p_R i(t_R), \quad (1)$$

Построение дерева останавливается, например, когда узлы становятся чистыми по  $Y$ , или, когда все переменные  $X_i$  локально постоянны. Нейросеть была сформирована на сервисе Google Collab, с использованием языка Python на основе исходных данных, включенных в Dataset. Результативность прогнозирования нейросетью RF представлена в таблице 1.

Таблица 1.

**Результативность прогнозирования нейросетью RF**

№ наблюдения	Факт	Прогноз	Отклонение	Ошибка, %
6	360	192	-168	-46,7
11	848	1011,9	163,9	19,3
4	1300	790	-510	-39,2
Mean Absolute Error:				129,96666
Mean Squared Error				19483,736666
Root Mean Squared Error:				129,96666

Результаты исследования свидетельствуют о том, что при среднем значении прибыли банков 1126,0416 млрд. руб., средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error) составила 129.96666 млрд. руб., или 11,5%, что в условиях рыночной неопределенности представляет собой весьма хороший результат.

**Обсуждение**

По мнению экспертов, в современных условиях, в процессе усиления всех видов риска, нарастания рыночной неопределенности, расширения масштабов цифровизации проблема обеспечения финансовой стабильности принимает все более важное значение. Проблемы, связанные с финансовой стабильностью, были предметом изучения значительного количества западных ученых. Среди них: Джон Чант, Эндрю Крокет, Вим Дуйзенберг, Роджер Фергюсон, Майкл Фут, Сэр Эндрю Лардж, Фредерик Мишкин, Гарри Шинаси и другие.

В перспективе можно было бы использовать возможности нейросетей для расчета возможных сценариев модели взаимодействия коммерческих банков с вкладчиками, выявленных нобелевскими лауреатами, что может обеспечить надлежащую поддержку принятия управленческих решений для обеспечения требуемого уровня финансовой устойчивости банковской системы РФ.

Как показали исследования, прогнозирование развития банковской системы невозможно без оценки динамики и устойчивости финансовой системы в целом. Так по мнению коллектива авторов во главе с Н.И. Ломакиным стабильность развития отечественной экономики может быть спрогнозирована на основе когнитивной модели [25], причем,

важное значение имеет прогнозирование финансовых рисков в банковской сфере система искусственного интеллекта, что повышает качество прогноза [26]. По мнению С. Демидовой и ее коллег, важную роль в обеспечении финансовой устойчивости играет развитие инклюзивности финансовой системы на современном этапе [18], а также возможность влияния на результативность экономики (величину его ВВП). По мнению Н.И. Ломакина и А. Кулачинской с коллегами оптимизировать систему можно посредством изменения пропорций в отраслях реального сектора экономики, например, вклада в ВВП транспортного сектора, применяя AI-систему [7, 24], кроме того, ими была разработана и предложена к использованию система искусственного интеллекта для управления капиталом коммерческих банков 23.

Важно определить, каковы будущие направления исследований. Среди будущих направлений исследований следует отметить: 1) Прогнозирование финансовых рисков с использованием деревьев решений и нейронных сетей глубокого обучения. 2) Применение моделей прогнозирования кредитного риска на основе XGBoost и глубокой нейронной сети на основе графа.

### **Заключение**

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать некоторые выводы.

Изучение тенденций развития BigData, когнитивных технологий и других инноваций в банковском секторе, которые имеют важное значение в современных условиях в том числе для обеспечения его финансовой устойчивости.

Научная новизна состоит в том, что в исследовании доказана, выдвинутая гипотеза, что с помощью сформированной модели глубокого обучения (DL) на основе использования системы искусственного интеллекта «Случайный лес» (RF), может быть получен прогноз прибыли коммерческих банков РФ.

Представляет практическую значимость использование предиктивных функций нейронных сетей для прогнозирования развития кредитных организаций, что позволяет решить крупную народно-

хозяйственную задачу – обеспечение устойчивости банковской системы РФ. В ходе исследования получен прогноз прибыли банковской системы РФ, причем, при среднем значении прибыли банков за период 2010-2021 гг. 1126,0416 млрд. руб., средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error) составила 129.96666 млрд. руб., или 11,5%, что в условиях рыночной неопределенности представляет собой весьма хороший результат.

### *Список литературы*

1. Анисимова, Я. А. Перспективы цифровой трансформации в нефтяной промышленности / Я. А. Анисимова, В. А. Плотников // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2022. – Т. 12, № 5. – С. 106-119. – DOI 10.21869/2223-1552-2022-12-5-106-119. – EDN VVKCRS.
2. Апатова, Н. В. Управление процессами цифровой трансформации бизнеса / Н. В. Апатова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 3-8. – EDN SCWJEG.
3. Ватлина, Л. В. Цифровизация и инновационное развитие экономики / Л. В. Ватлина, В. А. Плотников // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2023. – № 1(139). – С. 106-113. – EDN OSBQSI.
4. Индустрия 4.0: Big Data, цифровизация и рост экономики URL: - : <https://habr.com/ru/post/507822/> (дата обращения 25.02.2023)
5. Котляров, И. Д. Цифровая трансформация финансовой сферы: содержание и тенденции / И. Д. Котляров // Управление. – 2020. – Т. 11, № 3. – С. 72-81. – DOI 10.29141/2218-5003-2020-11-3-6. – EDN QCAMVP.
6. Куликова, О. М. Экосистема: новый формат современного бизнеса / О. М. Куликова, С. Д. Суворова // Вестник Академии знаний. – 2021. – № 42(1). – С. 200-205. – DOI 10.24412/2304-6139-2021-10909. – EDN TGSSEX.
7. Курбанов, Т. Цифровые логистические технологии: возможные перспективы и риски внедрения в цепи поставок / Т. Курбанов, А. Кур-

- банов, С. Лучкин // Логистика. – 2018. – № 10(143). – С. 16-20. – EDN YLVNFZ.
8. Курочкина, А. А. Развитие AR-технологий в розничной торговле / А. А. Курочкина, Ю. Е. Семенова, А. Ю. Тимошенко // Глобальный научный потенциал. – 2021. – № 3(120). – С. 239-242. – EDN JMVSVH.
  9. Необанки и lifetime-советники: банковские инновации ближайших десятилетий. RL: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/5f4d3aa99a794781e4b9ae68> (дата обращения 25.02.2023)
  10. Нобелевская премия по экономике 2022 напомнила о важности стабильной банковской системы. URL: <https://cinst.hse.ru/news/782226657.html> (дата обращения: 24.02.2023)
  11. Подготовка бизнеса к цифровизации и его адаптация / Е. А. Алексеева, А. А. Гракун, Е. Д. Доморацкий, А. Д. Лычакова // Финансовый бизнес. – 2022. – № 1(223). – С. 3-7. – EDN DEZZHM.
  12. Стратегическое управление промышленными экосистемами на основе платформенной концепции / В. В. Глухов, А. В. Бабкин, Е. В. Шкарупета, В. А. Плотников // Экономика и управление. – 2021. – Т. 27, № 10(192). – С. 751-765. – DOI 10.35854/1998-1627-2021-10-751-765. – EDN MMCLZB.
  13. Суворова, С. Д. Геймификация: актуальный тренд реализации бизнес-процессов в сфере обращения / С. Д. Суворова, О. М. Куликова // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2022. – № 5(63). – С. 79-84. – EDN BCDVMV.
  14. Суворова, С. Д. Цифровая трансформация бизнеса / С. Д. Суворова, О. М. Куликова // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2022. – № 2(60). – С. 54-59. – DOI 10.47581/2022/IE.2.60.10. – EDN OVPLOP.
  15. Что такое Big Data и почему их называют «новой нефтью» <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/5d6c020b9a7947a740fea65c> URL: : <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82-%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B3> (дата обращения 25.02.2023)
  16. Bingyan, H. Distributionally robust risk evaluation with causality constraint and structural information. *Mathematical Finance*. 20 Mar (2022). <https://doi.org/10.48550/arXiv>. (Accessed on February 13, 2023.)

17. Clarkson J., Cucuringu M., Elliott A., Reinert G. DAMNETS: A Deep Autoregressive Model for Generating Markovian Network Time Series. *Statistical Finance*. (2022). <https://doi.org/10.48550/arXiv>. (Accessed on February 13, 2023.)
18. Demidova S., Lesnevskaya N., Lomakin, N. Development of Financial System Inclusiveness at the present stage: International and Russian experience *ACM International Conference Proceeding Series*, (2021).
19. D'Hondt, C., De Winne, R., Ghysels, E. and Steve Raymond Artificial Intelligence Alter Egos: Who benefits from Robo-investing? *Portfolio Management (q-fin.PM); Econometrics (econ. EM); Statistical Finance (q-fin.ST)*. (1907). <https://doi.org/10.48550/arXiv>. (Accessed on February 13, 2023.)
20. Diamond, D. W. and Dybvig, P. H. Bank Runs, Deposit Insurance, and Liquidity, *Journal of Political Economy*, (1983). 91(3), pp. 401–419.
21. Dynamics and Structure of Investment Portfolios of Russian Banks Studied by the Artificial Intelligence System / N.I. Lomakin, A.V. Petrukhin, A. Shokhnekh, O.N. Maksimova, I.A. Samorodova // *Artificial Intelligence: Anthropogenic Nature vs. Social Origin : proceedings of 13th International Scientific and Practical Conference (Volgograd, Russia) / ed. by Elena G. Popkova, Bruno S. Sergi ; Autonomous Non-Profit Organization «Institute of Scientific Communications» (Volgograd). – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2020. – P. 365-373. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-39319-9>. – (Book Ser.: Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC) ; vol. 1100).*
22. Krzysztof R., Piotr B., Piotr Jaglarz, Fabien G., Albert C., Piotr C. RiskNet: Neural Risk Assessment in Networks of Unreliable Resources. *ACM classes: I.2; C.2 // Submitted 28 January, 2022; originally announced January (2022)*. <https://doi.org/10.48550/arXiv>. (Accessed on February 13, 2023.)
23. Kulachinskaya A., Lomakin N., Maramygin M., Kuzmina, T. Artificial neural network model for managing bank capital. *ACM International Conference Proceeding Series*, (2020).
24. Lomakin N., Kulachinskaya A., Tudevtagva U., Radionova E., Mogharbel N. AI-System for Predicting the Russia's GDP Volume Based on Dynamics of Factors in the Transport Sector. *Communications in*



- Computer and Information Science this link is disabled*, (2021), 1445, pp. 118–132.
25. Lomakin N., Maramygin M., Kataev A., Yurova, O., Lomakin I. Cognitive Model of Financial Stability of the Domestic Economy Based on Artificial Intelligence in Conditions of Uncertainty and Risk. *International Journal of Technology this link is disabled*, (2022), 13(7), pp. 1588–1597.
  26. Lomakin N., Rybanov A., Kulachinskaya A., Tudevtagva U., Repin Y. Artificial Intelligence System for Financial Risk Prediction in the Banking Sector. *Communications in Computer and Information Science this link is disabled*, (2022), 1619 CCIS, pp. 295–306.
  27. Tongtian Zhu Analysis on the Applicability of the Random Forest. August (2020) *Journal of Physics Conference Series* 1607(1):012123 DOI: 10.1088/1742-6596/1607/1/012123 [https://www.researchgate.net/publication/343720366\\_Analysis\\_on\\_the\\_Applicability\\_of\\_the\\_Random\\_Forest](https://www.researchgate.net/publication/343720366_Analysis_on_the_Applicability_of_the_Random_Forest) (Accessed on February 13, 2023.)
  28. Werner Gleibner, Thomas Günther, Christian Walkshäusl Financial sustainability: measurement and empirical evidence. (2022). Economics, Business. *Journal of Business Economics* DOI:10.1007/s11573-022-01081-0. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Financial-sustainability%3A-measurement-and-empirical-Glei%C3%9Fner-G%C3%BCnther/4b85dbba4f4d9190c2b22918c42b9bb943017c0a> (Accessed on February 13, 2023.)

### *References*

1. Anisimova, Ya. A. Perspektivy cifrovoj transformacii v neftyanoy promyshlennosti [Anisimova, Ya. A. Prospects for digital transformation in the oil industry / Ya. A. Anisimova, V. A. Plotnikov // Proceedings of the South-Western State University. Series: Economy. Sociology. Management. - 2022. - T. 12, No. 5. - S. 106-119. – DOI 10.21869/2223-1552-2022-12-5-106-119. – EDN VVKCR]
2. Apatova, N. V. Upravlenie processami cifrovoj transformacii biz-nesa [Apatova, N. V. Management of business digital transformation processes / N. V. Apatova // Uchenye zapiski V.I. Vernadsky. Economics and Management. - 2022. - T. 8. - No. 2. - P. 3-8. – EDN SCWJEG]

3. Vatlina, L. V. Cifrovizaciya i innovacionnoe razvitie ekonomiki [Vatlina, L. V. Digitalization and innovative development of the economy / L. V. Vatlina, V. A. Plotnikov // Proceedings of the St. Petersburg State University of Economics. - 2023. - No. 1 (139). - S. 106-113. – EDNOS-BQSI. ]
4. Industriya 4.0: Big Data, cifrovizaciya i rost ekonomiki[Industry 4.0: Big Data, Digitalization and Growth of the Economy]URL: - : <https://habr.com/ru/post/507822/> (accessed 25.02.2023)
5. Kotlyarov, I. D. Cifrovaya transformaciya finansovoj sfery: sodер-zhanie i tendencii[Kotlyarov, I. D. Digital transformation of the financial sector: content and trends / I. D. Kotlyarov // Manager. - 2020. - T. 11, No. 3. - S. 72-81. – DOI 10.29141/2218-5003-2020-11-3-6. – EDN QCAMVP.]
6. Kulikova, O. M. Ekosistema: novyj format sovremennogo biznesa[Kulikova, O. M. Ecosystem: a new format of modern business / O. M. Kulikova, S. D. Suvorova // Bulletin of the Academy of Knowledge. - 2021. - No. 42(1). - S. 200-205. – DOI 10.24412/2304-6139-2021-10909. – EDN TGSSEX.]
7. Kurbanov, T. Cifrovye logisticheskie tekhnologii: vozmozhnye per-spektivy i riski vnedreniya v cepi postavok[Kurbanov, T. Digital logistics technologies: possible prospects and risks of implementation in the supply chain / T. Kurbanov, A. Kurbanov, S. Luchkin // Logistics. - 2018. - No. 10 (143). - S. 16-20. – EDN YLVNFZ.]
8. Kurochkina, A. A. Razvitie AR-tekhnologij v roznichnoj trgovle[Kurochkina, A. A. Development of AR-technologies in retail trade / A. A. Kurochkina, Yu. E. Semenova, A. Yu. Timoshenko // Global scientific potential. - 2021. - No. 3(120). – S. 239-242. – EDN JMVSVH.]
9. Neobanki i lifetime-sovetniki: bankovskie innovacii blizhajshih desya-tiletij. [Neobanks and lifetime advisors: banking innovations of the next decades. RL: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/5f4d3aa99a794781e4b9ae68> (Accessed 02/25/2023)]
10. Nobelevskaya premiya po ekonomike 2022 napomnila o vazhnosti stabil'noj bankovskoj sistemy. [Nobel Prize in Economics 2022 reminded of the importance of a stable banking system. URL: <https://cinst.hse.ru/news/782226657.html> (yes, accessed: 24.02.2023)]

11. Podgotovka biznesa k cifrovizacii i ego adaptaciya / E. A. Alekseeva, A. A. Grakun, E. D. Domorackij, A. D. Lychakova [Preparation of business for digitalization and its adaptation / E. A. Alekseeva, A. A. Grakun, E. D. Domoratsky, A. D. Lychakova // Financial business. - 2022. - No. 1 (223). - P. 3-7. – EDN DEZZHM]
12. Strategicheskoe upravlenie promyshlennymi ekosistemami na osnove platformennoj koncepcii / V. V. Gluhov, A. V. Babkin, E. V. Shkarupeta, V. A. Plotnikov [Strategic management of industrial ecosystems based on the platform concept / V. V. Glukhov, A. V. Babkin, E. V. Shkarupeta, V. A. Plotnikov // Economics and Management. - 2021. - T. 27, No. 10 (192). - S. 751-765. – DOI 10.35854/1998-1627-2021-10-751-765. – EDN MMCLZB.]
13. Suvorova, S. D. Gejmifikaciya: aktual'nyj trend realizacii biz-nes-processov v sfere obrashcheniya / S. D. Suvorova, O. M. Kulikova [Suvorova, S. D. Gamification: an actual trend in the implementation of business processes in the sphere of circulation / S. D. Suvorova, O. M. Kulikova // Innovative economy: prospects for development and improvement. - 2022. - No. 5(63). - S. 79-84. – EDN BCDVMV.]
14. Suvorova, S. D. Cifrovaya transformaciya biznesa / S. D. Suvorova, O. M. Kulikova [Suvorova, S. D. Digital transformation of business / S. D. Suvorova, O. M. Kulikova // Innovative economy: prospects for development and improvement. - 2022. - No. 2(60). - S. 54-59. – DOI 10.47581/2022/IE.2.60.10. – EDN OVPLOP.]
15. Chto takoe Big Data i pochemu ih nazyvayut «novoj neft'yu» [What is Big Data and why is it called “new oil” <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/5d6c020b9a7947a740fea65c%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82-%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B3> (accessed 02/25/2023)]
16. Bingyan H. Distributionally robust risk evaluation with causality constraint and structural information. *Mathematical Finance*. 20 Mar (2023). <https://doi.org/10.48550/arXiv>. (Accessed on February 13, 2023.)
17. Clarkson J., Cucuringu M., Elliott A., Reinert G. DAMNETS: A Deep Autoregressive Model for Generating Markovian Network Time Series. *Statistical Finance*. (2022). <https://doi.org/10.48550/arXiv>. (Accessed on February 13, 2023.)

18. Demidova S., Lesnevskaya N., Lomakin, N. Development of Financial System Inclusiveness at the present stage: International and Russian experience *ACM International Conference Proceeding Series*, (2021).
19. D'Hondt, C., De Winne, R., Ghysels, E. and Steve Raymond Artificial Intelligence Alter Egos: Who benefits from Robo-investing? Portfolio Management (q-fin.PM); *Econometrics (econ. EM)*; *Statistical Finance (q-fin.ST)*. (1907). <https://doi.org/10.48550/arXiv>. (Accessed on February 13, 2023.)
20. Diamond, D. W. and Dybvig, P. H. Bank Runs, Deposit Insurance, and Liquidity, *Journal of Political Economy*, (1983). 91(3), pp. 401–419.
21. Dynamics and Structure of Investment Portfolios of Russian Banks Studied by the Artificial Intelligence System / N.I. Lomakin, A.V. Petrukhin, A. Shokhnekh, O.N. Maksimova, I.A. Samorodova // Artificial Intelligence: Anthropogenic Nature vs. Social Origin : proceedings of 13th International Scientific and Practical Conference (Volgograd, Russia) / ed. by Elena G. Popkova, Bruno S. Sergi ; Autonomous Non-Profit Organization «Institute of Scientific Communications» (Volgograd). – *Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG*, 2020. – P. 365-373. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-39319-9>. – (Book Ser.: Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC) ; vol. 1100).
22. Krzysztof R., Piotr B., Piotr Jaglarz, Fabien G., Albert C., Piotr C. Risk-Net: Neural Risk Assessment in Networks of Unreliable Resources. *ACM classes*: I.2; C.2 // Submitted 28 January, 2022; originally announced January (2022). <https://doi.org/10.48550/arXiv>. (Accessed on February 13, 2023.)
23. Kulachinskaya A., Lomakin N., Maramygin M., Kuzmina, T. Artificial neural network model for managing bank capital. *ACM International Conference Proceeding Series*, (2020).
24. Lomakin N., Kulachinskaya A., Tudevtagva U., Radionova E., Mogharbel N. AI-System for Predicting the Russia's GDP Volume Based on Dynamics of Factors in the Transport Sector. *Communications in Computer and Information Science this link is disabled*, (2021), 1445, pp. 118–132.
25. Lomakin N., Maramygin M., Kataev A., Yurova, O., Lomakin I. Cognitive Model of Financial Stability of the Domestic Economy Based on Artificial

- Intelligence in Conditions of Uncertainty and Risk. *International Journal of Technology* [this link is disabled](#), (2022), 13(7), pp. 1588–1597.
26. Lomakin N., Rybanov A., Kulachinskaya A., Tudevtagva U., Repin Y. Artificial Intelligence System for Financial Risk Prediction in the Banking Sector. *Communications in Computer and Information Science* [this link is disabled](#), (2022), 1619 CCIS, pp. 295–306.
27. Tongtian Zhu Analysis on the Applicability of the Random Forest. August (2020) *Journal of Physics Conference Series* 1607(1):012123 DOI: 10.1088/1742-6596/1607/1/012123 [https://www.researchgate.net/publication/343720366\\_Analysis\\_on\\_the\\_Applicability\\_of\\_the\\_Random\\_Forest](https://www.researchgate.net/publication/343720366_Analysis_on_the_Applicability_of_the_Random_Forest) (Accessed on February 13, 2023.)
28. Werner Gleibner, Thomas Günther, Christian Walkshäusl Financial sustainability: measurement and empirical evidence. (2022). *Economics, Business. Journal of Business Economics* DOI: 10.1007/s11573-022-01081-0. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Financial-sustainability%3A-measurement-and-empirical-Gleibner-G%3BCnther/4b85dbba4f4d9190c2b22918c42b9bb943017c0a> (Accessed on February 13, 2023.)

### ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Ломакин Николай Иванович**, к.э.н., доцент

*Волгоградский государственный технический университет  
просп. В.И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Фе-  
дерация  
tel9033176642@yahoo.com*

**Юрова Ольга Витальевна**, кандидат социологических наук, доцент

*Волгоградский государственный технический университет  
просп. В.И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Фе-  
дерация  
yurova@vstu.ru*

**Кособокова Екатерина Вячеславовна**, к.э.н., доцент

*Волгоградский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова*

*ул. Волгодонская, 13, г. Волгоград, 400005, Российская Федерация  
elena-2003@mail.ru*

**Минаева Оксана Александровна**, к.э.н., доцент

*Волгоградский государственный технический университет  
просп. В.И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Фе-  
дерация  
o\_mina@mail.ru*

**Трунина Валентина Федоровна**, кандидат социологических наук,  
доцент

*Волгоградский государственный технический университет  
просп. В.И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Фе-  
дерация  
valentinafedorovna2011@yandex.ru*

**Качанов Юрий Александрович**, аспирант кафедры ЭВМиС

*Волгоградский государственный технический университет  
просп. В.И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Фе-  
дерация  
yura\_1234@mail.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Nikolay I. Lomakin**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

*Volgograd State Technical University  
28, prosp. Lenin, Volgograd, 400005, Russian Federation  
tel9033176642@yahoo.com*

**Olga V. Yurova**, Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor

*Volgograd State Technical University  
28, prosp. Lenin, Volgograd, 400005, Russian Federation  
yurova@vstu.ru*

**Ekaterina V. Kosobokova**, Ph.D. in Economics, Associate Professor

*Volgograd branch of the Russian University of Economics*

*13, Volgodonskaya Str., Volgograd, 400005, Russian Federation  
elena-2003@mail.ru*

**Oksana A. Minaeva**, Candidate of Economics, Associate Professor  
*Volgograd State Technical University  
28, prosp. Lenin, Volgograd, 400005, Russian Federation  
o\_mina@mail.ru*

**Valentina F. Trunina**, Candidate of Economics, Associate Professor  
*Volgograd State Technical University  
28, prosp. Lenin, Volgograd, 400005, Russian Federation  
valentinafedorovna2011@yandex.ru*

**Yury A. Kachanov**, post-graduate student of the Department of Computer Science  
*Volgograd State Technical University  
28, prosp. Lenin, Volgograd, 400005, Russian Federation  
yura\_1234@mail.ru*

Поступила 07.03.2023

После рецензирования 25.03.2023

Принята 30.03.2023

Received 07.03.2023

Revised 25.03.2023

Accepted 30.03.2023