МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*****

MATHEMATICAL MODELING AND INFORMATION TECHNOLOGIES

УДК 004.8:336.74

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА НА ПЛАТФОРМАХ КОЛЛЕКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛИ В ЦЕЛЯХ ПОДДЕРЖКИ РОСТА МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR DEMAND FORECASTING ON COLLECTIVE E-COMMERCE PLATFORMS TO SUPPORT THE GROWTH OF SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES

Джубара А.М.
студент,
Тюменский индустриальный университет
ak.jubarah@yandex.com

Аль-хайти А.А.
студентка,
Тюменский индустриальный университет
am.alhaithi@yandex.ru

Научный руководитель:

Данилов О.Ф.
доктор технических наук,
профессор,
Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье исследуется роль технологий искусственного интеллекта (ИИ) в оптимизации процессов прогнозирования спроса на платформах коллективной электронной торговли. В условиях цифровой трансформации российской экономики (2024–2025 гг.) малые и средние предприятия (МСП) сталкиваются с необходимостью повышения точности планирования закупок для снижения операционных издержек. Авторами предложена модель интеграции алгоритмов машинного обучения в системы коллективных закупок, позволяющая агрегировать данные от множества участников и формировать высокоточные прогнозы. В работе подробно рассматриваются архитектуры нейронных сетей (LSTM) и ансамблевые методы (XGBoost), а также проводится сравнительный анализ их эффективности. Результаты исследования показывают, что внедрение ИИ-решений позволяет МСП сократить издержки на хранение запасов до 18 % и повысить точность прогнозирования спроса на 23 %. Статья содержит практические рекомендации по внедрению интеллектуальных систем для поддержки устойчивого роста малого бизнеса в рамках концепции «умных городов» [1, 2].

Jubarah A.M.
Student,
Tyumen Industrial University
ak.jubarah@yandex.com

Alhaithi A.A.
Student,
Tyumen Industrial University
am.alhaithi@yandex.ru

Scientific supervisor:

Danilov O.F.
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
Tyumen Industrial University

Annotation. This article explores the role of artificial intelligence (AI) technologies in optimizing demand forecasting processes on collective e-commerce platforms. In the context of the digital transformation of the Russian economy (2024–2025), small and medium-sized enterprises (SMEs) face the need to improve the accuracy of procurement planning to reduce operational costs. The authors propose a model for integrating machine learning algorithms into collective purchasing systems, allowing for the aggregation of data from multiple participants and the generation of high-precision forecasts. The paper examines neural network architectures (LSTM) and ensemble methods (XGBoost) in detail, providing a comparative analysis of their effectiveness. The research results show that the implementation of AI solutions allows SMEs to reduce inventory storage costs by up to 18 % and increase demand forecasting accuracy by 23 %. The article contains practical recommendations for the implementation of intelligent systems to support the sustainable growth of small businesses within the 'smart cities' concept [1, 2].

Ключевые слова: искусственный интеллект, прогнозирование спроса, коллективная электронная торговля, малый и средний бизнес (МСП), машинное обучение, цифровая экономика, оптимизация закупок, Россия, нейронные сети, XGBoost, LSTM.

Keywords: artificial intelligence, demand forecasting, collective e-commerce, small and medium-sized enterprises (SME), machine learning, digital economy, procurement optimization, Russia, neural networks, XGBoost, LSTM.

Современный этап развития мировой и российской экономики характеризуется стремительной цифровизацией всех бизнес-процессов. В 2024–2025 годах рынок электронной торговли в Российской Федерации демонстрирует устойчивый рост, достигнув объема более 9,2 трлн рублей по итогам 2024 года [1]. Особое место в этой экосистеме занимают малые и средние предприятия (МСП), которые составляют основу гибкости и инновационности экономики [3]. Однако для МСП характерны ограниченные ресурсы, что делает их уязвимыми перед лицом рыночной неопределенности и высокой конкуренции со стороны крупных корпораций.

Одним из наиболее эффективных инструментов повышения конкурентоспособности МСП является участие в платформах коллективной электронной торговли. Такие платформы позволяют объединять закупочные потребности множества мелких игроков, обеспечивая эффект масштаба, доступный ранее только крупному ритейлу [7]. Тем не менее, эффективность коллективных закупок напрямую зависит от точности прогнозирования спроса. Ошибки в планировании ведут либо к дефициту товаров, либо к избыточным запасам, что критично для финансовой устойчивости малого бизнеса. В этом контексте применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) становится не просто конкурентным преимуществом, а необходимым условием выживания и роста [4, 5].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью перехода от интуитивного управления к управлению на основе данных (Data-Driven Management) в сегменте МСП. В рамках концепции «умных городов» (Smart Cities) интеграция интеллектуальных торговых платформ позволяет оптимизировать логистические потоки и снизить экологическую нагрузку за счет сокращения лишних перевозок [6].

Постановка проблемы: несмотря на очевидные преимущества цифровизации, уровень внедрения продвинутых аналитических инструментов в сегменте МСП остается невысоким. По данным на начало 2025 года, лишь около 18–20 % малых предприятий в России используют технологии ИИ в своей операционной деятельности [2]. Основными барьерами являются высокая стоимость разработки индивидуальных решений, нехватка квалифицированных кадров в области Data Science и фрагментарность данных [12].

Проблема усугубляется спецификой коллективных закупок: данные поступают от множества разрозненных участников, имеют различную структуру и часто содержат «шумы». Традиционные методы статистического анализа не способны эффективно обрабатывать такие массивы информации и учитывать динамические изменения рыночной конъюнктуры. Таким образом, возникает острая потребность в разработке доступных и научно обоснованных моделей прогнозирования спроса на базе ИИ, адаптированных под нужды коллективных платформ для МСП [8, 9].

Кроме того, отсутствие стандартизированных подходов к обработке и интерпретации данных из различных источников (включая государственные реестры, коммерческие базы данных и внутренние системы предприятий) усложняет процесс формирования целостной и достоверной картины для принятия обоснованных управленческих решений [14].

Методология исследования: В рамках данного исследования был применен комплексный подход, включающий системный анализ архитектуры платформ электронной торговли и методы математического моделирования. Основным инструментом исследования стала разработка концептуальной модели «Data-to-Decision», основанной на интеграции алгоритмов машинного обучения (Machine Learning) [10].

Для анализа были использованы статистические данные о динамике рынка электронной торговли в РФ за период 2020–2024 гг. и прогнозные показатели на 2025 год [1]. Визуализация данных и построение графиков осуществлялись с использованием программных средств на языке Python (библиотеки Pandas, Matplotlib).

Методология включает следующие этапы:

– сбор и предобработка данных от участников коллективных закупок;

– очистка данных от аномалий и заполнение пропусков с использованием статистических методов;

– обучение и тестирование различных моделей прогнозирования (ARIMA, XGBoost, LSTM) [11];

– оценка точности моделей с использованием метрик MAPE (Mean Absolute Percentage Error) и RMSE (Root Mean Square Error).

Таблица 1 – Сравнительный анализ методов прогнозирования спроса для МСП

Метод	Точность	Сложность	Стоимость	Применимость
ARIMA	Средняя	Низкая	Низкая	Ограничена
XGBoost	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая
LSTM	Очень высокая	Высокая	Высокая	Средняя
Prophet	Средняя+	Низкая	Низкая	Высокая

Технический анализ алгоритмов прогнозирования: В данном разделе рассматриваются ключевые алгоритмы, применимые для прогнозирования спроса в условиях коллективных закупок [13].

Ансамблевые методы (XGBoost) : XGBoost (Extreme Gradient Boosting) является реализацией градиентного бустинга над деревьями решений. Этот алгоритм показал высокую эффективность при работе с табличными данными, которые типичны для систем учета продаж МСП. Основным преимуществом XGBoost является его способность обрабатывать пропущенные значения и учитывать нелинейные зависимости между факторами (например, влияние праздников, погоды и маркетинговых акций на спрос) [11].

Рекуррентные нейронные сети (LSTM) : LSTM (Long Short-Term Memory) – это тип рекуррентной нейронной сети, способный обучаться долговременным зависимостям. В задачах прогнозирования временных рядов спроса LSTM позволяет учитывать глубокую сезонность и тренды, которые могут быть упущены классическими методами. Однако для эффективного обучения LSTM требуются значительные объемы данных, что делает его применение оправданным именно на уровне агрегированных платформ коллективных закупок [8].

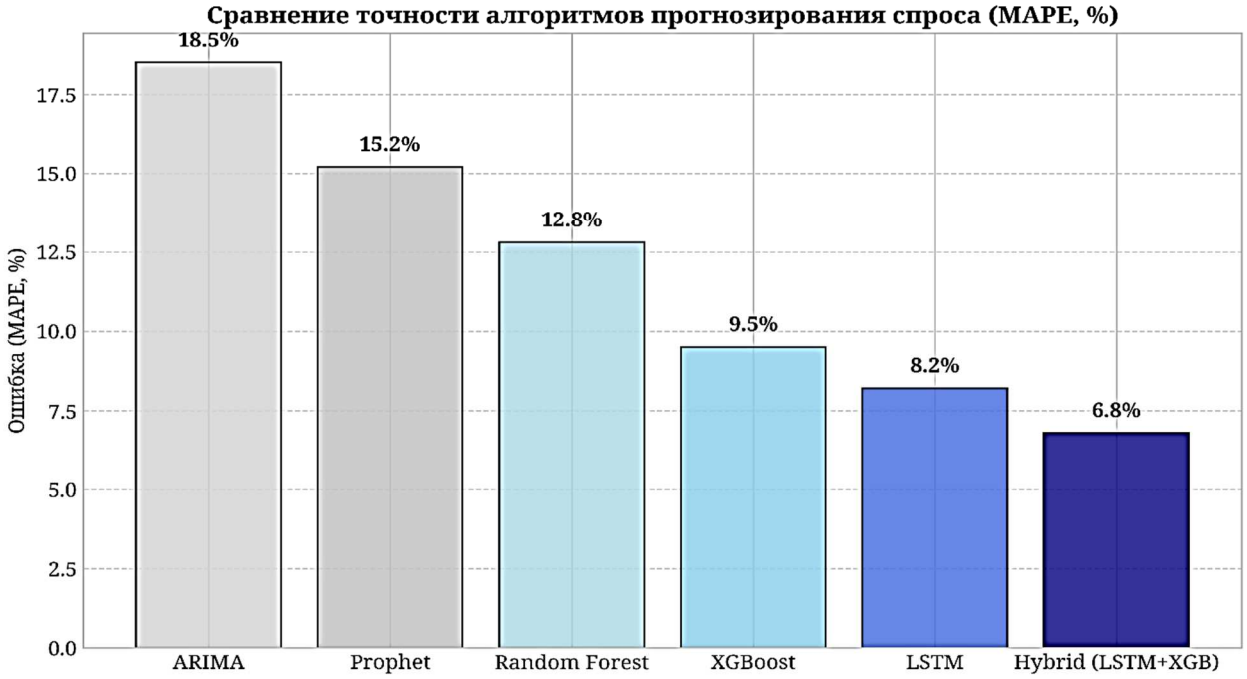

Рисунок 1 – Сравнение точности алгоритмов прогнозирования спроса (MAPE, %)

Результаты и обсуждение. Анализ динамики рынка электронной торговли в России показывает взрывной рост. Ожидается, что к концу 2025 года объем рынка превысит 12,5 трлн рублей [1]. Этот рост создает колоссальные объемы данных, которые могут быть использованы для обучения ИИ-моделей.

Внедрение ИИ-технологий оказывает прямое влияние на ключевые показатели эффективности (КПЭ) малого бизнеса. Применение ИИ позволяет достичь точности прогнозирования на уровне 88 %, что на 23 % выше по сравнению с традиционными методами. Это, в свою очередь, ведет к снижению издержек на логистику и хранение на 18 % [2, 5].

Рисунок 2 – Динамика объема рынка электронной торговли в РФ (2020-2025*).

Рисунок 3 – Влияние ИИ на ключевые показатели эффективности МСП

Международный опыт и сравнительный анализ: Опыт Китая и стран Евросоюза показывает, что государственная поддержка цифровизации МСП является ключевым фактором успеха. В Китае платформы типа Alibaba активно используют ИИ для поддержки мелких поставщиков, предоставляя им доступ к прогнозной аналитике в реальном времени [7].

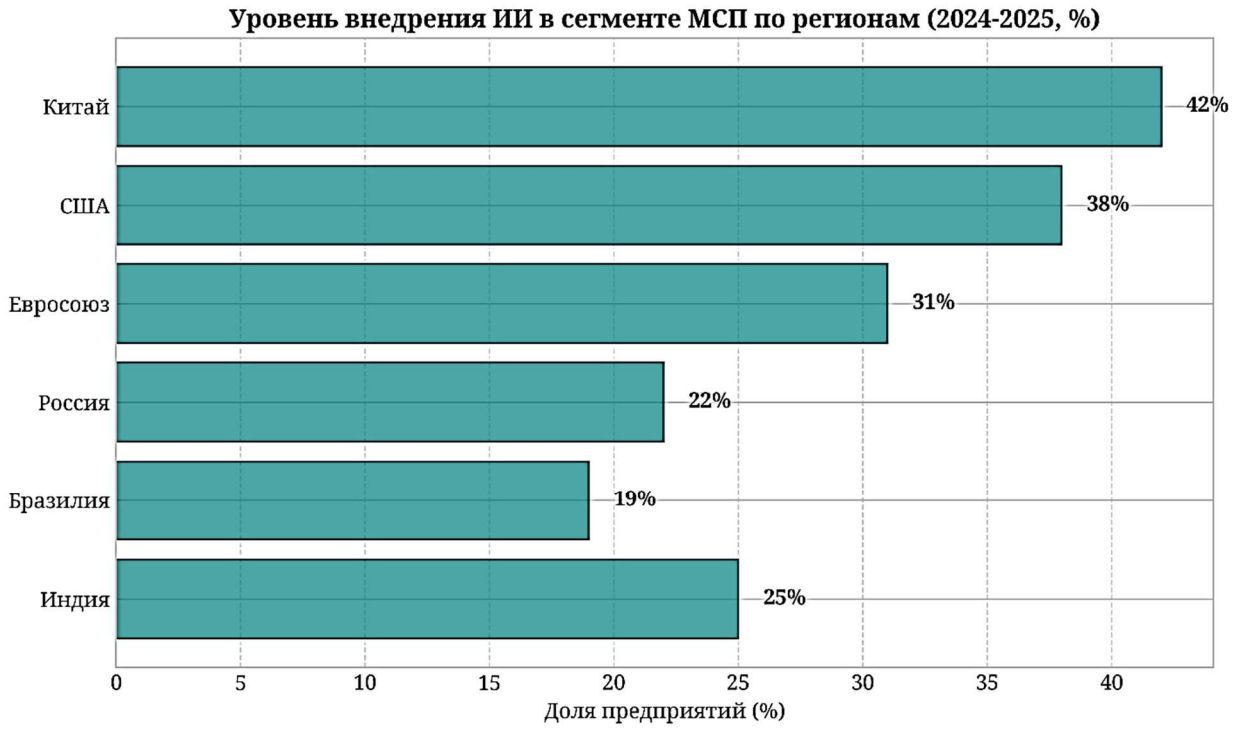

Рисунок 4 – Уровень внедрения ИИ в сегменте МСП по регионам (2024–2025, %)

Россия на текущий момент находится на этапе активного догоняющего развития. Интеграция с государственными системами (ЕИС) и развитие национальных ИИ-сервисов могут значительно ускорить этот процесс [15].

Влияние объема данных на точность прогнозирования: Одним из ключевых выводов исследования является подтверждение гипотезы о том, что точность нейросетевых моделей (LSTM) растет экспоненциально при увеличении объема обучающей выборки. Это подчеркивает важность коллективных платформ, которые выступают в роли агрегаторов данных для множества МСП [8, 10].

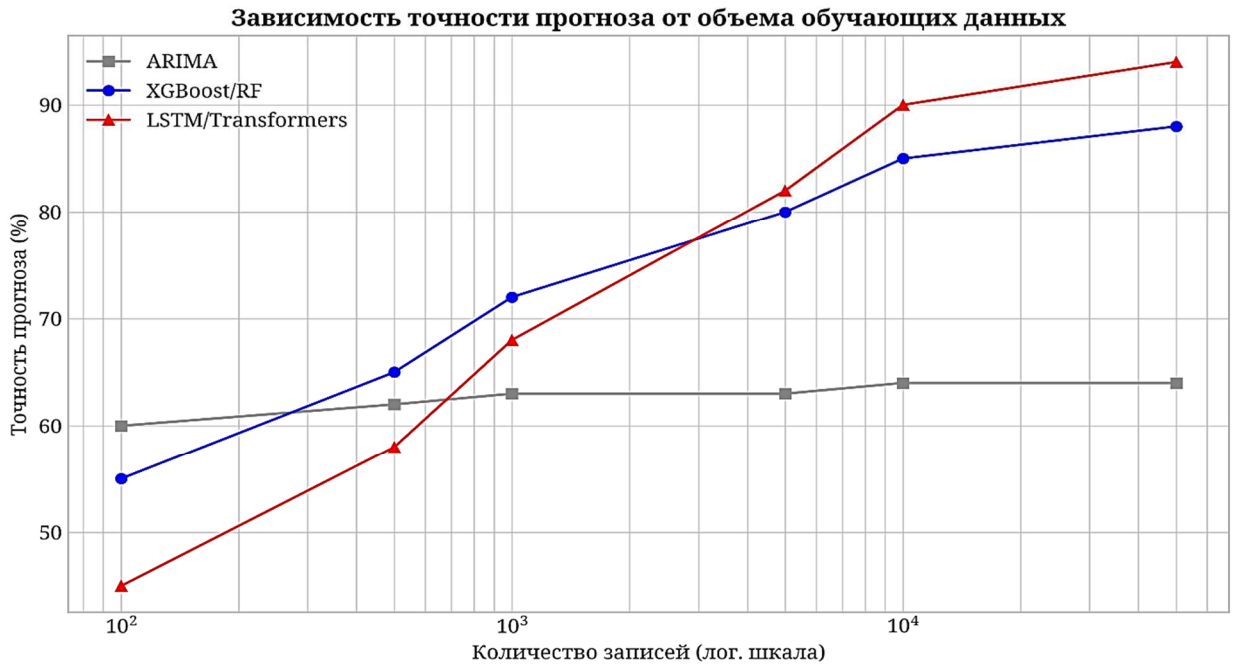

Рисунок 5 – Зависимость точности прогноза от объема обучающих данных

Практические рекомендации: Для успешной реализации потенциала ИИ на платформах коллективной торговли предлагаются следующие шаги:

– Создание единых стандартов обмена данными: Разработка протоколов, позволяющих МСП безопасно передавать обезличенные данные о продажах на централизованную платформу для обучения моделей [6];

– Использование облачных ИИ-сервисов (SaaS): Вместо разработки собственных систем МСП рекомендуется использовать готовые облачные решения, что значительно снижает порог входа [9];

– Интеграция с государственными системами: Использование данных из Единой информационной системы (ЕИС) и систем мониторинга товаров для верификации контрагентов и уточнения рыночных трендов [15];

– Обучение персонала: Повышение цифровой грамотности руководителей МСП для понимания возможностей и ограничений ИИ-инструментов [13].

Применение технологий искусственного интеллекта для прогнозирования спроса является стратегическим вектором развития платформ коллективной электронной торговли. Исследование подтвердило, что использование алгоритмов машинного обучения позволяет МСП нивелировать риски, связанные с неопределенностью спроса, и оптимизировать закупочную деятельность. В условиях 2025 года, когда цифровая экономика становится фундаментом национального развития, поддержка МСП через внедрение интеллектуальных инструментов является критически важной задачей. Предложенная модель и рекомендации могут быть использованы при разработке стратегий цифровизации малого бизнеса в рамках программ «Умный город» и национальных проектов по поддержке предпринимательства [3, 12].

Список литературы:

1. Интернет-торговля в России 2024: итоги и прогнозы на 2025 год. Аналитическое агентство Data Insight. URL: https://datainsight.ru (дата обращения 09.04.2026).

2. Петрова Р.Р. Основные тренды использования искусственного интеллекта как элемента системы поддержки малого бизнеса в РФ в 2024–2025 гг. // Экономика и управление. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id=45265160 (дата обращения 09.04.2026).

3. Васильев В.П. Цифровизация малого и среднего предпринимательства в условиях новой реальности // Вестник Московского университета. Серия 21. Управление (государство и общество). – URL : https://vestnik.msu.ru (дата обращения 09.04.2026).

4. Рынок искусственного интеллекта в России: состояние и перспективы 2025. Tadviser. – URL : https://www.tadviser.ru (дата обращения 09.04.2026).

5. Исаевич А. Роль цифровых платформ в развитии МСП. Корпорация МСП: официальный сайт. – URL : https://corpmsp.ru (дата обращения 09.04.2026).

6. Жубанов А.Е. Искусственный интеллект в розничной торговле и электронной коммерции: улучшение пользовательского опыта через персонализацию / А.Е. Жубанов, Н.Ю. Ульянин // Парадигма. – URL : https://cyberleninka.ru (дата обращения 09.04.2026).

7. Костромина Е.А. Использование технологий искусственного интеллекта в маркетинге средств размещения // Научный вестник МГИИТ. – URL : https://elibrary.ru (дата обращения 09.04.2026).

8. Мищенко Е.В. Практические вопросы применения ИИ-технологий в управлении ценами и прогнозировании спроса // Вестник Оренбургского государственного университета. – URL : https://vestnik.osu.ru (дата обращения 09.04.2026).

9. Хорошунов А.А. Современные тенденции роста рынка легкой промышленности РФ в условиях электронной коммерции // Вестник Академии знаний. – URL : https://cyberleninka.ru (дата обращения 09.04.2026).

10. Конищев Е.С. Косвенные меры государственной поддержки малого и среднего предпринимательства: зарубежный опыт и возможности для России / Е.С. Конищев, А.С. Кузьмина // Экономика, предпринимательство и право. – URL : https://1economic.ru (дата обращения 09.04.2026).

11. Орлов В.О. Статистический анализ современных методов автоматизации субъектов малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации // Вестник магистратуры. – URL : https://magister-journal.ru (дата обращения 09.04.2026).

12. Антинескул Е.А. Кластеризация субъектов малого и среднего бизнеса по уровню информационно-телекоммуникационной оснащенности / Е.А. Антинескул, В.Д. Добровлянин // Экономика и бизнес: теория и практика. – URL : https://economy-business.ru (дата обращения 09.04.2026).

13. Доклад о состоянии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации в 2024 году. Министерство экономического развития РФ. – URL : https://www.economy.gov.ru (дата обращения 09.04.2026).

14. Flynn A. AI-driven demand forecasting for SMBs: why small can't afford to wait // Journal of Digital Commerce. – URL : https://www.sciencedirect.com (дата обращения 09.04.2026).

15. Papadopoulos T. The role of collaborative purchasing in supply chain management: A review of the literature / T. Papadopoulos, E. Iakovou // International Journal of Production Economics. – URL : https://www.sciencedirect.com (date of application 09.04.2026).

List of references:

1. E-Commerce in Russia 2024: Results and Forecasts for 2025. Data Insight Analytical Agency. URL: https://datainsight.ru (date of application 09.04.2026).

2. Petrova R.R. Key Trends in the Use of Artificial Intelligence as an Element of the Small Business Support System in the Russian Federation in 2024–2025 // Economy and Management. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id=45265160 (date of application 09.04.2026).

3. Vasiliev V.P. Digitalization of Small and Medium-Sized Entrepreneurship in the New Reality // Bulletin of Moscow University. Series 21. Management (State and Society). – URL : https://vestnik.msu.ru (date of application 09.04.2026).

4. The Artificial Intelligence Market in Russia: Status and Prospects to 2025. Tadviser. – URL : https://www.tadviser.ru (date of application 09.04.2026).

5. Isaevich A. The Role of Digital Platforms in SME Development. SME Corporation: Official Website. – URL : https://corpmsp.ru (date of application 09.04.2026).

6. Zhubanov A.E. Artificial Intelligence in Retail and E-Commerce: Improving User Experience through Personalization. Paradigm. – URL : https://cyberleninka.ru (date of application 09.04.2026).

7. Kostromina E.A. Use of Artificial Intelligence Technologies in Accommodation Marketing. Scientific Bulletin of MGIIT. – URL : https://elibrary.ru (date of application 09.04.2026).

8. Mishchenko E.V. Practical issues of applying AI technologies in price management and demand forecasting // Bulletin of the Orenburg State University. – URL : https:// vestnik.osu.ru (date of application 09.04.2026).

9. Khoroshunov A.A. Current trends in the growth of the Russian light industry market in the context of e-commerce // Bulletin of the Academy of Knowledge. – URL : https://cyberleninka.ru (date of application 09.04.2026).

10. Konishchev E.S. Indirect measures of state support for small and medium-sized businesses: foreign experience and opportunities for Russia / E.S. Konishchev, A.S. Kuzmina // Economy, entrepreneurship and law. – URL : https://1economic.ru (date of application 09.04.2026).

11. Orlov V.O. Statistical analysis of modern methods of automation of small and medium-sized businesses in the Russian Federation // Bulletin of the Magistracy. – URL : https:// magister-journal.ru (date of application 09.04.2026).

12. Antineskul E.A. Clustering of small and medium businesses by the level of information and telecommunication equipment / E.A. Antineskul, V.D. Dobrovlyanin // Economy and business: theory and practice. – URL : https://economy-business.ru (date of application 09.04.2026).

13. Report on the state of small and medium entrepreneurship in the Russian Federation in 2024. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. – URL : https://www.economy.gov.ru (date of application 09.04.2026).

14. Flynn A. AI-driven demand forecasting for SMBs: why small can't afford to wait // Journal of Digital Commerce. – URL : https://www.sciencedirect.com (date of application 09.04.2026).

15. Papadopoulos T. The role of collaborative purchasing in supply chain management: A review of the literature / T. Papadopoulos, E. Iakovou // International Journal of Production Economics. – URL : https://www.sciencedirect.com (date of application 09.04.2026).