

УДК 004.8+ 339.97

Прогнозирование уровня развития цифровизации и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве стран БРИКС

Ергунова Ольга Титовна

Кандидат экономических наук, доцент,
Высшая школа производственного менеджмента,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251 Российская Федерация, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29;
e-mail: ergunova-olga@yandex.ru

Пьянкова Светлана Григорьевна

Доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления,
Уральский государственный экономический университет,
620144 Российская Федерация, Екатеринбург,
ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45;
e-mail: silen_06@list.ru

Митрофанова Инна Васильевна

Доктор экономических наук, профессор,
главный научный сотрудник,
Лаборатория региональной экономики,
Федеральный исследовательский центр
Южный научный центр РАН;
344006 Российская Федерация, Ростов-на-Дону, просп. Чехова, 41;
профессор кафедры экономической теории,
региональной экономики и предпринимательства,
Волгоградский государственный университет,
400062, Российская Федерация, Волгоград, просп. Университетский, 100;
e-mail: mitrofanova@volsu.ru

Аннотация

Статья посвящена прогнозированию уровня развития цифровизации и искусственного интеллекта (ИИ) в сельское хозяйство стран БРИКС. В качестве объекта исследования рассматривается агропромышленный комплекс стран БРИКС, предметом исследования является процесс цифровизации и внедрения ИИ в сельскохозяйственное производство. Цель исследования заключается в оценке текущего состояния и прогнозировании уровня развития цифровых технологий и ИИ в сельском хозяйстве стран БРИКС на основе сравнительного анализа ключевых параметров. Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций для повышения эффективности и устойчивости

агропромышленного комплекса на основе внедрения передовых цифровых технологий и ИИ. Авторы рассмотрели перспективы и тенденции развития цифровизации и внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в сельском хозяйстве стран БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южно-Африканская Республика). В статье проанализирован текущий уровень использования цифровых технологий и ИИ, а также дан прогноз их дальнейшего развития на основе данных, собранных с 2020 по 2024 годы. Основное внимание уделяется внедрению технологий Интернета вещей (IoT), больших данных и ИИ в агропромышленный комплекс, а также оценке их влияния на производительность, устойчивость и экологическую безопасность сельского хозяйства. Прогнозируется, что к 2035 году цифровизация и ИИ существенно изменят аграрный сектор стран БРИКС, сделав его более конкурентоспособным на глобальном уровне.

Для цитирования в научных исследованиях

Ергунова О.Т., Пьянкова С.Г., Митрофанова И.В. Прогнозирование уровня развития цифровизации и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве стран БРИКС // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 7А. С. 238-252.

Ключевые слова

Цифровизация, искусственный интеллект, сельское хозяйство, БРИКС, прогнозирование, инновации, цифровая инфраструктура, устойчивое развитие.

Введение

Анализ и прогнозирование уровня развития цифровизации и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве стран БРИКС становятся ключевыми задачами в условиях глобальной трансформации геополитической и экономической ситуации. Усиление продовольственной проблемы и необходимость импортозамещения сельскохозяйственного оборудования и техники подчеркивают важность технологического развития агропромышленного комплекса. В настоящее время, по оценкам экспертов, агропромышленный комплекс стран БРИКС сталкивается с вызовами, связанными с отставанием в научно-технологическом развитии и низким уровнем цифровизации по сравнению с другими отраслями экономики.

Международные и российские организации, включая ФАО, Всемирный банк и Минсельхоз РФ, прогнозируют, что внедрение цифровых технологий и искусственного интеллекта станет решающим фактором в повышении эффективности и устойчивости сельского хозяйства в этих странах. В частности, прогнозы указывают на то, что к 2030 году цифровизация и использование ИИ в сельском хозяйстве стран БРИКС позволят значительно сократить цифровой разрыв между регионами и улучшить доступ к инновациям и рынкам для фермеров [Global Agriculture M2M Market ..., 2024].

Особое внимание уделяется прогнозам, согласно которым технологии Интернета вещей, искусственного интеллекта, блокчейна и других передовых решений будут активно внедряться в агропромышленный сектор. Эти технологии, как ожидается, приведут к созданию более устойчивых, экономически выгодных и экологически безопасных агропроизводственных систем, что особенно важно в условиях неблагоприятной рыночной конъюнктуры и необходимости обеспечения продовольственной безопасности.

Согласно отчету Всемирного банка, цифровизация в сельском хозяйстве поможет сократить

потери продовольствия и улучшить урожайность, а также предоставит фермерам доступ к более точным и своевременным данным, что позволит им принимать более обоснованные решения [World bank group, 2024]. Например, ожидается, что использование предиктивной аналитики позволит фермерам прогнозировать засухи и другие погодные условия, что будет способствовать более эффективному управлению водными ресурсами и сохранению почв.

Прогнозы также подчеркивают, что использование искусственного интеллекта станет ключевым фактором для повышения продовольственной безопасности. Эксперты FAO отмечают, что к 2030 году ИИ будет активно применяться для оптимизации посевных и уборочных процессов, что приведет к увеличению урожайности и снижению трудозатрат [В FAO заявили, что число ..., 2022]. Кроме того, в докладе о цифровой экономике стран БРИКС отмечается, что для успешного внедрения этих технологий необходимо преодоление цифрового разрыва между различными регионами и улучшение доступа к цифровым технологиям в сельских районах [Food and Agriculture Organization ..., 2024]. Эти прогнозы подтверждают, что к 2030 году цифровизация и ИИ смогут существенно изменить сельское хозяйство стран БРИКС, сделав его более устойчивым и эффективным

Таким образом, прогнозирование уровня цифровизации и внедрения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве стран БРИКС становится важным инструментом для достижения устойчивого развития агропромышленного сектора в ближайшие годы. В данной статье проводится анализ уровня развития и проникновения цифровых технологий и ИИ в сельское хозяйство стран БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай и ЮАР) в целях оценки перспектив преодоления существующих вызовов и достижения лидирующих позиций в глобальном агропромышленном секторе.

Обзор литературы

Цифровая трансформация сельского хозяйства является одной из наиболее значимых тенденций последних лет, особенно в странах БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай, ЮАР), где технологии играют все более важную роль в повышении производительности и устойчивости агропромышленного комплекса. Современные исследования акцентируют внимание на влиянии цифровых технологий и искусственного интеллекта на сельское хозяйство, их потенциале и вызовах, с которыми сталкиваются аграрные страны. В данном обзоре будут рассмотрены работы зарубежных и отечественных ученых, опубликованные в период с 2020 по 2024 годы, с особым акцентом на исследования, посвященные цифровизации и внедрению ИИ в аграрный сектор.

По мнению ряда исследователей, таких как А. Алтухов, М. Дудин и др. [Алтухов, Дудин, Анищенко, 2019], Д. Сайман, Е. Громова и др. [Суман, Gromova, Juchnevicius, 2021], Л. Ахмад, Ф. Наби [Ahmad, Nabi, 2021], А. Субиш, С. Мехта [Subeesh, Mehta, 2021] и другие, цифровая трансформация, вызванная информационными и коммуникационными технологиями, затрагивает все сферы народного хозяйства, в том числе и сельское хозяйство, которое традиционно считалось консервативной отраслью. Интернет вещей (IoT), большие данные и искусственный интеллект становятся ключевыми технологиями, способствующими модернизации агропромышленного комплекса. Исследования авторов Х. Джина, Х. Вана, Ю. Бай и др. [Jin, Yu, Wang, Bai et al.], В. Добровлянина, Е. Антинескула [Добровлянин, Антинескул, 2022], И. Генералова, Е. Губанова и др. [Генералов, Губанова, Лосев, 2022], О. Ергуновой, С. Пьянковой, И. Митрофановой [Ергунова, Пьянкова, Митрофанова, 2022] также

показывают, что цифровые решения в сельском хозяйстве позволяют значительно снизить издержки и повысить эффективность производства [Fuentes, Yoon, Park, Park, 2020].

В статьях Л. Чжоу, Цюй Ся и др. [Zhou, Xia, Sun, Zhang et al., 2023], С. Пьянковой, О. Ергуновой [Пьянкова, Ергунова, 2024] рассматриваются современные тенденции цифровизации сельского хозяйства, с акцентом на использование ИИ, акцентируется внимание, что государственные стратегии направлены на интеграцию новых технологий в агропромышленный комплекс, а также подчеркивается важность международного сотрудничества в области разработки и внедрения технологий.

Э. Вокатуро, Дж. Рани и др., изучая применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, провели оценку текущего уровня их внедрения и основных барьеров, таких как доступ к технологиям и цифровой разрыв между регионами [Vocaturu, Rani, Dhaka, Zumpano, 2023].

В. Добровлянин, Е. Антинескул анализируют проблемы и перспективы внедрения технологий Интернета вещей (IoT) в сельском хозяйстве России. Исследование акцентирует внимание на региональных различиях в доступе к современным технологиям и указывает на необходимость развития инфраструктуры и повышения квалификации фермеров. Особое внимание уделено примерам успешных проектов, таких как умные теплицы и системы автоматического полива [Добровлянин, Антинескул, 2022].

Интернет вещей охватывает применение цифровых технологий в повседневной жизни и производственных процессах. В сельском хозяйстве это включает использование сенсоров для мониторинга условий выращивания культур, автоматизацию полива и внесения удобрений, а также управление животноводческими фермами [Astill, Dara, Fraser, Roberts et al., 2020]. С другой стороны, большие данные обеспечивают обработку огромных массивов информации, получаемой с этих сенсоров, что позволяет принимать обоснованные решения в реальном времени [Gromova, Ivanc, 2020].

По данным А. Каманиной, цифровые технологии, поддерживающие «Сельское хозяйство 4.0», уже привели к снижению затрат на 1 га и сокращению использования воды, топлива, удобрений и пестицидов, что также положительно сказывается на экологической устойчивости, что особенно важно в условиях изменения климата [Каманина, 2023].

В последние годы наблюдается стремительное развитие цифровизации и искусственного интеллекта (ИИ) в различных отраслях экономики, включая сельское хозяйство. Страны БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай и Южно-Африканская Республика) активно внедряют современные технологии для повышения эффективности агропромышленного комплекса, улучшения продовольственной безопасности и устойчивого развития сельских регионов. Согласно исследованиям, проведенным в период 2020-2023 годов, во всех странах БРИКС наблюдается возрастающий интерес к внедрению цифровых технологий и ИИ в аграрный сектор. Это обусловлено необходимостью повышения производительности, оптимизации использования ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Бразилия активно инвестирует в развитие технологий точного земледелия, используя дроны, сенсоры и спутниковые данные для мониторинга сельскохозяйственных угодий. Исследования показывают, что применение ИИ в прогнозировании погодных условий и управления урожаем позволяет значительно снизить риски и повысить урожайность. В работе О. Прохоренко, К. Поповой отмечается, что интеграция цифровых платформ способствует улучшению логистики и снижению потерь при транспортировке продукции [Прохоренко, Попова, 2022].

Россия делает акцент на разработке национальных стратегий цифровизации сельского

хозяйства. Согласно исследованию, проведенному М. Вартановой, внедрение ИИ-технологий в аграрный сектор является одним из приоритетных направлений государственной политики [Вартанова, 2021]. Исследования П. Юхнюка подчеркивают успехи в создании отечественных программных продуктов для управления фермерскими хозяйствами, а также использование беспилотных технологий в полевых работах [Юхнюк, 2023]. С. Пьянкова предлагает алгоритм нивелирования институциональных провалов моногородов, включающий механизм формирования и реализации эффективных стратегических программ. Авторы статьи считают, что вышеуказанный алгоритм применим для формирования и реализации документов стратегического планирования в отраслевом аспекте, в частности, в сельском хозяйстве [Пьянкова, 2014].

Индия сталкивается с особыми вызовами из-за большого числа мелких фермеров и разнообразия климатических условий. Тем не менее, исследования Т. Башлыкова показывают, что внедрение цифровых технологий, таких, как мобильные приложения для агрономических консультаций и прогнозирования погоды, значительно улучшает условия работы фермеров. ИИ и большие данные помогают в анализе почвы и мониторинге состояния посевов, что позволяет фермерам своевременно реагировать на изменения и улучшать урожайность. Внедрение цифровых решений в управление водными ресурсами также является ключевым направлением, что способствует более эффективному использованию водных ресурсов в условиях нестабильного климата [Башлыков, 2023].

Китай занимает лидирующие позиции в использовании ИИ и цифровых технологий в сельском хозяйстве среди стран БРИКС. Исследования показывают, что Китай активно развивает умные фермы, где применяются автоматизированные системы для мониторинга почвы, управления водными ресурсами и прогнозирования урожаев с использованием ИИ. Использование ИИ для анализа данных с беспилотных летательных аппаратов (дронов) позволяет значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства и снизить затраты. Китай также активно внедряет технологии блокчейн для обеспечения прозрачности и безопасности в цепочке поставок продовольствия [Авдокушин, Жуй, 2021].

ЮАР делает значительные шаги в направлении цифровизации аграрного сектора, несмотря на существующие экономические и инфраструктурные вызовы. Использование ИИ и IoT в сельском хозяйстве ЮАР способствует улучшению управления водными ресурсами и повышению урожайности [Гаврилова, Мухаметзянов, 2021]. В частности, технологии точного земледелия, такие, как сенсоры для мониторинга состояния почвы и систем автоматического полива, становятся все более популярными среди крупных агропредприятий. Однако для мелких фермеров остаются вызовы в доступе к этим технологиям, что требует дополнительной государственной поддержки и образовательных программ.

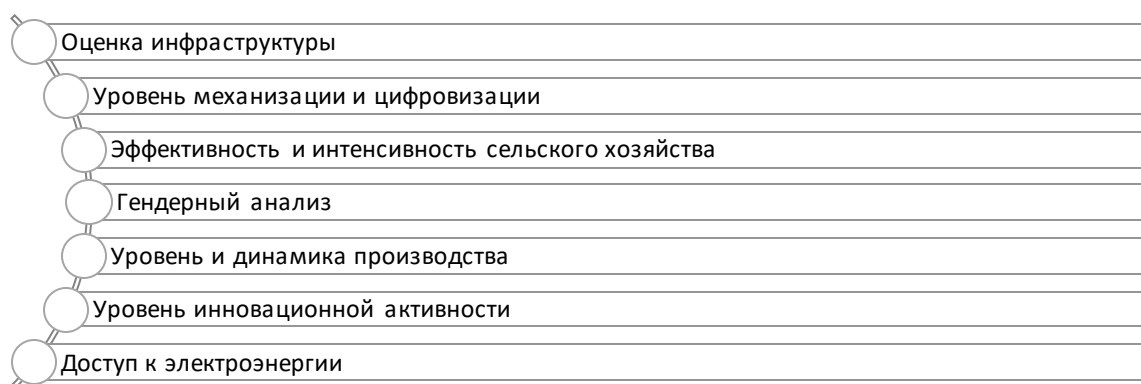
Эти примеры демонстрируют, как страны БРИКС используют цифровые технологии и ИИ для решения своих уникальных аграрных вызовов, при этом каждая страна фокусируется на своих приоритетных направлениях и стратегиях.

В целях проведения анализа и прогнозирования уровня развития цифровизации и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве стран БРИКС на основе информации с сайта World Bank [World bank group, 2024], были выбраны 15 параметров, которые характеризуют и на основе которых можно спрогнозировать уровень развития цифровизации и искусственного интеллекта в области сельского хозяйства:

- 1) Agricultural irrigated land (% of total agricultural land) – доля орошаемой земли, важна для оценки инфраструктуры;
- 2) Agricultural machinery, tractors per 100 sq. km of arable land – Количество сельхозтехники,

- указывает на механизацию;
- 3) Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) – вклад в ВВП, характеризует экономическое значение сектора;
 - 4) Cereal yield (kg per hectare) – урожайность зерновых, показатель эффективности сельского хозяйства;
 - 5) Fertilizer consumption (kilograms per hectare of arable land) – потребление удобрений, индикатор интенсивности сельского хозяйства;
 - 6) Employment in agriculture, female (% of female employment) – занятость женщин в сельском хозяйстве, важна для гендерного анализа;
 - 7) Employment in agriculture, male (% of male employment) – занятость мужчин в сельском хозяйстве, для общего анализа занятости;
 - 8) Food production index (2014–2016 = 100) – индекс производства продовольствия, отражает уровень и динамику производства;
 - 9) Internet users (per 100 people) – количество пользователей Интернета, индикатор цифровизации;
 - 10) Mobile cellular subscriptions (per 100 people) – количество мобильных подписок, важно для оценки доступа к технологиям;
 - 11) Research and development expenditure (% of GDP) – расходы на НИОКР, показатель инновационной активности;
 - 12) Secure Internet servers (per 1 million people) – количество защищенных интернет-серверов, для оценки цифровой инфраструктуры;
 - 13) Electric power consumption (kWh per capita) – потребление электроэнергии, важно для оценки доступности энергии;
 - 14) Renewable energy consumption (% of total final energy consumption) – потребление возобновляемой энергии, важный экологический показатель;
 - 15) Access to electricity (% of population) – доступ к электроэнергии, базовая инфраструктура для цифровизации и ИИ [World bank group, 2024].

Данные параметры помогут более точно оценить и спрогнозировать уровень развития цифровизации и ИИ в сельском хозяйстве, благодаря оценке важнейших аспектов эффективности сельского хозяйства (рис. 1).



Источник: составлено авторами

Рисунок 1 – Схема параметров, оценивающих уровень цифровизации и ИИ в сельском хозяйстве

В табл. 1 описаны параметры, помогающие комплексно оценить и спрогнозировать уровень цифровизации и использования ИИ в сельском хозяйстве, предоставляя различные аспекты анализа от инфраструктуры до инновационной активности.

Параметры представлены на основе данных уровня развития цифровизации и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве стран БРИКС с использованием информации с сайта World Bank.

Таблица 1 – Параметры оценки уровня цифровизации и ИИ в сельском хозяйстве

Параметр	Важность	Уровень вклада
Орошаемые с/х земли (% от общих с/х земель)	Важен для оценки уровня инфраструктуры и возможностей для внедрения цифровых технологий	Средний
С/х техника, тракторы на 100 кв. км пахотных земель, шт.	Отражает степень механизации, что влияет на внедрение ИИ и автоматизации	Высокий
Сельское хозяйство, лесоводство и рыболовство, добавленная стоимость (% от ВВП)	Указывает на экономическое значение сектора, что влияет на инвестиции в цифровизацию	Высокий
Урожайность зерновых (кг/га)	Показатель эффективности сельского хозяйства, может быть улучшен с помощью ИИ	Средний
Потребление удобрений (кг/га пахотных земель)	Отражает интенсивность сельского хозяйства, важен для анализа устойчивости	Средний
Занятость в сельском хозяйстве, женщины (% от женской занятости)	Гендерный анализ, влияет на социальные аспекты цифровизации	Низкий
Занятость в сельском хозяйстве, мужчины (% от мужской занятости)	Общий анализ занятости в сельском хозяйстве	Низкий
Индекс производства продовольствия (2014–2016 = 100)	Отражает уровень и динамику производства продовольствия, важен для оценки устойчивости	Высокий
Интернет-пользователи (кол-во на 100 чел.)	Показатель цифровизации, важен для внедрения ИИ	Высокий
Абоненты мобильной связи (кол-во на 100 чел.)	Доступ к мобильным технологиям, важен для цифровизации	Высокий
Расходы на исследования и разработки (% от ВВП)	Показатель инновационной активности, важен для разработки ИИ	Высокий
Защищенные интернет-серверы (кол-во на 1 млн чел.)	Отражает уровень цифровой безопасности и инфраструктуры	Средний
Потребление электроэнергии (кВт·ч на душу населения)	Важно для оценки доступности энергии для цифровых технологий	Средний
Потребление возобновляемой энергии (% от общего конечного энергопотребления)	Экологический показатель, важный для устойчивого развития	Средний
Доступ к электричеству (% населения)	Базовая инфраструктура для цифровизации и ИИ	Высокий

Источник: составлено по данным [World bank group, 2024].

Данные табл. 1 демонстрирует ключевые параметры, необходимые для оценки уровня цифровизации и использования искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Параметры, такие как орошаемые сельскохозяйственные земли и использование сельхозтехники, показывают уровень инфраструктуры и механизации, что влияет на внедрение цифровых

технологий. Экономическое значение сельского хозяйства, выраженное в его вкладе в ВВП, и индекс производства продовольствия отражают устойчивость и важность сектора. Показатели потребления удобрений и урожайности зерновых позволяют оценить интенсивность и эффективность сельского хозяйства, что может быть улучшено с помощью ИИ. Гендерный анализ занятости в сельском хозяйстве помогает понять социальные аспекты цифровизации. Количество пользователей интернета и мобильных подписок являются прямыми показателями цифровизации, а расходы на НИОКР отражают инновационную активность. Защищенные интернет-серверы и потребление электроэнергии важны для оценки цифровой инфраструктуры и доступности энергии. Потребление возобновляемой энергии подчеркивает экологический аспект, а доступ к электричеству является базовой инфраструктурой для цифровизации и ИИ. Эти параметры помогают комплексно оценить текущий уровень и прогнозировать развитие цифровизации и ИИ в сельском хозяйстве.

Методы исследования

Методика прогнозирования основана на комплексном анализе исторических трендов, национальных стратегий и глобальных тенденций. Она включает экстраполяцию существующих данных с учетом ожидаемых изменений и ограничений роста. Важную роль играет экспертная оценка, позволяющая корректировать прогнозы на основе знаний о специфике стран и секторов экономики. Учитываются взаимосвязи между параметрами, демографические и экономические прогнозы, а также влияние технологического прогресса. Применяется сценарный подход и сравнительный анализ между странами БРИКС. Прогнозы итеративно корректируются для обеспечения внутренней согласованности. Метод имеет ограничения, не учитывая возможные резкие изменения и опираясь на предположение о продолжении существующих трендов. Для повышения точности рекомендуется использовать более сложные статистические модели и привлекать экспертов в соответствующих областях.

Источниками данных для расчета численных значений стали данные и отчеты таких организаций как Всемирный банк (World Bank Open Data), Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO).

Прогноз выбранных параметров на 2035 год для стран БРИКС основан на предположениях о продолжении текущих тенденций и может не учитывать непредвиденные события или радикальные изменения в политике стран: ожидается увеличение орошаемых земель и механизации сельского хозяйства во всех странах; доля сельского хозяйства в ВВП снизится из-за роста других секторов экономики; урожайность зерновых повысится благодаря улучшенным технологиям и сортам; занятость в сельском хозяйстве продолжит снижаться из-за автоматизации; интернет-пользователей и мобильных подключений станет больше, особенно в Индии; ожидается рост инвестиций в исследования и разработки, особенно в Китае; потребление электроэнергии вырастет, но доля возобновляемых источников также увеличится; почти 100% населения будет иметь доступ к электричеству.

Результаты исследования

В табл. 2 представлены данные, которые помогают оценить текущее состояние цифровизации и использования ИИ в сельском хозяйстве стран БРИКС.

Данные табл. 2 демонстрирует значительные различия в уровне цифровизации и внедрения ИИ в сельском хозяйстве стран БРИКС. Высокий процент орошаемых земель в Индии (41,4%) указывает на значительный потенциал для внедрения технологий управления водными

ресурсами. Количество сельскохозяйственной техники, особенно в Индии (156 тракторов на 100 кв. км), также подчеркивает высокий уровень механизации, важный для цифровизации. Добавленная стоимость сельского хозяйства в ВВП наибольшая в Индии (15,4%), что свидетельствует о его экономической важности и потенциале для инвестиций в технологии. Урожайность зерновых в Китае (6,029 кг/га) демонстрирует высокую эффективность сельского хозяйства, что может быть улучшено с помощью ИИ. Потребление удобрений в Китае (503 кг/га) и значительное количество интернет-пользователей в России (85 на 100 человек) подчеркивают готовность к использованию цифровых технологий. Высокие расходы на исследования и разработки в Китае (2,23% от ВВП) свидетельствуют о высокой инновационной активности. Наличие защищенных интернет-серверов в Бразилии (6,478 на 1 млн. чел.) показывает высокий уровень цифровой безопасности. Доступ к электричеству практически во всех странах БРИКС близок к 100%, что является базовой инфраструктурой для цифровизации. Эти данные подчеркивают, что страны БРИКС имеют различные уровни готовности к внедрению ИИ и цифровых технологий в сельском хозяйстве, но все они обладают значительным потенциалом для развития в этой области.

Таблица 2 – Перечень численных значений параметров, оценивающих уровень цифровизации и ИИ в сельском хозяйстве стран БРИКС

Параметр / страны	Бразилия	Россия	Индия	Китай	ЮАР
Орошаемые с/х земли (% от общих с/х земель)	5,8	3,7	41,4	10,5	1,7
С/х техника, тракторы на 100 кв. км пахотных земель, шт.	132	27	156	96	43
Сельское хозяйство, лесоводство и рыболовство, добавленная стоимость (% от ВВП)	5,2	3,4	15,4	7,1	2,3
Урожайность зерновых (кг/га)	4,85	2,68	3,20	6,03	4,77
Потребление удобрений (кг/га пахотных земель)	186	16	175	503	62
Занятость в сельском хозяйстве, женщины (% от женской занятости)	8,0	5,8	54,7	25,3	3,9
Занятость в сельском хозяйстве, мужчины (% от мужской занятости)	17,6	7,7	38,1	24,7	5,3
Индекс производства продовольствия (2014–2016 = 100)	119,3	115,7	119,2	112,8	95,5
Интернет-пользователи (кол-во на 100 чел.)	74	85	41	65	56
Абоненты мобильной связи (кол-во на 100 чел.)	98	164	84	122	160
Расходы на исследования и разработки (% от ВВП)	1,16	0,99	0,65	2,23	0,83
Защищенные интернет-серверы (кол-во на 1 млн. чел.)	6,478	4,215	241	1,445	4,134
Потребление электроэнергии (кВт·ч на душу населения)	2,601	6,603	1,208	5,109	3,972
Потребление возобновляемой энергии (% от общего конечного энергопотребления)	45,8	3,3	31,4	12,4	7,1
Доступ к электричеству (% населения)	100,0	100,0	97,8	100,0	94,9

Источник: составлено по [World bank group, 2024; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024]

Данные табл. 3 показывает прогнозируемые значения параметров, оценивающих уровень цифровизации и ИИ в сельском хозяйстве стран БРИКС, основанные на текущих трендах.

Исходя из данных табл. 3, в Бразилии ожидается увеличение орошаемых сельскохозяйственных земель до 765%, что будет способствовать улучшению урожайности зерновых до 5,500 кг/га. В России прогнозируется рост количества сельскохозяйственной

техники до 40 тракторов на 100 кв. км, что должно повысить эффективность сельского хозяйства. В Индии ожидается значительное увеличение использования орошаемых земель до 45%, что будет способствовать росту производства продовольствия. В Китае, несмотря на снижение добавленной стоимости сельского хозяйства до 5.5% от ВВП, прогнозируется рост урожайности зерновых до 7,000 кг/га. В ЮАР, несмотря на относительно низкие показатели орошаемых земель и занятости в сельском хозяйстве, ожидается увеличение интернет-пользователей до 85 на 100 чел. и абонентов мобильной связи до 170 на 100 человек, что будет способствовать цифровизации сектора.

Таблица 3 – Прогноз уровня цифровизации и ИИ в сельском хозяйстве стран БРИКС до 2035 года

Параметр / Страны	Бразилия	Россия	Индия	Китай	ЮАР
Орошаемые с/х земли (% от общих с/х земель)	7,5	4,5	45,0	12,0	2,5
С/х техника, тракторы на 100 кв. км пахотных земель, шт.	180	40	200	150	60
Сельское хозяйство, лесоводство и рыболовство, добавленная стоимость (% от ВВП)	4,5	3,0	12,0	5,5	2,0
Урожайность зерновых (кг/га)	5,5	3,2	4,0	7,0	5,5
Потребление удобрений (кг/га пахотных земель)	200	25	200	450	80
Занятость в сельском хозяйстве, женщины (% от женской занятости)	6,0	4,5	40,0	18,0	3,0
Занятость в сельском хозяйстве, мужчины (% от мужской занятости)	14,0	6,0	30,0	17,0	4,0
Индекс производства продовольствия (2014-2016 = 100)	135	130	140	130	110
Интернет-пользователи (кол-во на 100 чел.)	95	95	80	95	85
Абоненты мобильной связи (кол-во на 100 чел.)	110	170	120	130	170
Расходы на исследования и разработки (% от ВВП)	2,0	1,5	1,5	3,5	1,2
Защищенные интернет-серверы (на 1 млн. чел.)	20,000	15,000	5,000	10,000	12,000
Потребление электроэнергии (кВт·ч на душу населения)	3,5	7,5	2,5	7,0	5,0
Потребление возобновляемой энергии (% от общего конечного энергопотребления)	60,0	10,0	45,0	25,0	20,0
Доступ к электричеству (% населения)	100,0	100,	100,0	100,0	99,0

Источник: составлено по [World bank group, 2024; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024]

Важным аспектом является значительное увеличение защищенных интернет-серверов во всех странах, особенно в Бразилии и России. Также прогнозируется рост потребления возобновляемой энергии в Бразилии до 60%, что будет способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства. Эти прогнозы подчеркивают позитивные тенденции в развитии цифровизации и ИИ в сельском хозяйстве стран БРИКС, что может существенно повысить эффективность и устойчивость сельскохозяйственного производства.

Заключение

Проведенное исследование подчеркивает важность цифровизации и внедрения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве стран БРИКС как ключевых факторов для повышения эффективности и устойчивости агропромышленного комплекса. На основе анализа текущих тенденций и прогнозов на ближайшие годы, авторы приходят к выводу, что интеграция

передовых цифровых технологий позволит странам БРИКС преодолеть существующие вызовы, такие как продовольственная безопасность и изменение климата, и выйти на новый уровень производительности и устойчивости.

В частности, были выделены следующие тенденции: Бразилия активно развивает технологии точного земледелия, что способствует повышению урожайности и снижению рисков, связанных с изменением погодных условий. Россия фокусируется на создании национальной стратегии цифровизации сельского хозяйства, что должно привести к более эффективному использованию ресурсов и внедрению отечественных ИИ-решений. Индия сталкивается с вызовами, связанными с разнообразием климатических условий и большим числом мелких фермеров, однако успешно интегрирует мобильные приложения и ИИ для улучшения управления сельским хозяйством. Китай лидирует в использовании умных ферм и технологий блокчейн, что способствует повышению прозрачности и эффективности сельскохозяйственного производства. ЮАР делает значительные шаги в направлении цифровизации аграрного сектора, несмотря на существующие инфраструктурные вызовы.

Таким образом, цифровизация и искусственный интеллект играют решающую роль в трансформации сельского хозяйства стран БРИКС, что открывает новые возможности для их развития и укрепления позиций на глобальном агропромышленном рынке. Прогнозируется, что успешное внедрение этих технологий позволит обеспечить устойчивое развитие и повысить конкурентоспособность аграрного сектора в этих странах.

Библиография

1. Авдокушин Е. Ф., Жуй В. Цифровизация села в Китае // Мир новой экономики. 2021. Т. 15. № 4. С. 6–15. <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2021-15-4-6-15>
2. Алтухов А. И., Дудин М. Н., Анищенко А. Н. Глобальная цифровизация как организационно-экономическая основа инновационного развития агропромышленного комплекса РФ // Проблемы рыночной экономики. 2019. № 2. С. 17–27. DOI: 10.33051/2500-2325-2019-2-17-27
3. Башлыков Т. В. Сельское хозяйство Индии: Перспективы развития и социальные противоречия // ЭФО: Экономика. Финансы. Общество. 2023. № 3 (7). С. 4–14. DOI: 10.24412/2782-4845-2023-7-4-14
4. Вартанова М. Л. Отечественная и зарубежная практика цифровой трансформации сельского хозяйства в обеспечении продовольственной безопасности страны // Вестник Академии Знаний. 2021. № 5(46). С. 80–92. DOI: 10.24412/2304-6139-2021-5-80-92
5. В ФАО заявили, что число голодающих в мире может снизиться почти на 20% к 2030 году // ТАСС. 14 октября 2022. URL: https://news.rambler.ru/sociology/49515895/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylinkhttps://news.rambler.ru/sociology/49515895-v-fao-zayavili-chto-chislo-golodayuschih-v-mire-mozhet-snizitsya-pochti-na-20-k-2030-godu/?ysclid=lxdrlyavc281673991
6. Гаврилова Н. Г., Мухаметзянов Р. Р. Цифровизация сельского хозяйства: перспективное направление решения продовольственной проблемы африканских стран // International agricultural journal. 2021. № 5. С. 197–216. DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10367
7. Генералов И. Г., Губанова Е. В., Лосев А. Н. Цифровая трансформация зернового хозяйства региона // Вестник НГИЭИ. 2022. № 5 (132). С. 104–112. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-5-104-112
8. Добровлянин В. Д., Антинескул Е. А. Цифровизация сельского хозяйства: текущий уровень цифровизации в Российской Федерации и перспективы дальнейшего развития // Цифровые модели и решения. 2022. Т. 1, № 2. DOI: 10.29141/2782-4934-2022-1-2-5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-selskogo-hozyaystva-tekuschiy-uroven-tsifrovizatsii-v-rossiyskoy-federatsii-i-perspektivy-dalneyshego-razvitiya>
9. Ергунова О.Т., Пьянкова С.Г., Митрофанова И.В. Трансформация традиционного сельского хозяйства как условие усиления продовольственной безопасности регионов // Научные исследования и разработки. Экономика. 2022. Том 10, № 6. С. 27–34. <https://doi.org/10.12737/2587-9111-2022-10-6-27-34>
10. Каманина А. Н. Современные тренды цифровой трансформации экономической деятельности сельского хозяйства: анализ отечественной и мировой практики // Вестник Евразийской науки. 2023. Т. 15. № 3. URL: <https://esj.today/PDF/26FAVN323.pdf>

11. Прохоренко О. С., Попова К. Ю. Инновационный вектор развития аграрной сферы Бразилии на основе цифровизации // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 8(90). С. 54-65. DOI: 10.33938/228-54
12. Пьянкова С. Г. Концептуальная модель нивелирования институциональных провалов монопрофильных территорий // Муниципалитет: экономика и управление. 2014. № 2. С. 18–29.
13. Пьянкова С. Г., Ергунова О. Т. Стратегическое управление региональным сельским хозяйством: концептуально-теоретические и прикладные аспекты // Уфимский гуманитарный научный форум. 2024. № 1. С. 209–224. DOI: 10.47309/2713-2358-2024-1-209-224
14. Юхнюк П. П. Тенденции изучения современных информационно-коммуникационных технологий сельского хозяйства в странах постсоветского пространства: библиометрический анализ // АПК: Экономика, управление. 2023. № 5. С. 114–126. DOI: 10.33305/235-114
15. Astill J., Dara R.A., Fraser E. D. G., Roberts B., Sharif S. Smart poultry management: smart sensors, big data, and the internet of things // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 170: 105291. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105291>.
16. Cyman D., Gromova E., Juchnevicius E. Regulation of Artificial Intelligence in BRICS and the European Union // BRICS Law Journal. 2021. Vol. 8. No. 1. P. 86–115. <https://doi.org/10.21684/2412-2343-2021-8-1-86-115>
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/research-and-extension/en/>
18. Fuentes A., Yoon S., Park J., Park D. S. Deep learning-based hierarchical cattle behavior recognition with spatio-temporal information // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 177: 105627. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105627>
19. Global Agriculture M2M Market. Global Agriculture M2M Market by Agriculture Type (Aquaculture, Arable Farming, Horticulture), Communication Type (Cellular M2M, Low-Power Wide Area Networks, Satellite M2M), Application - Forecast 2024-2030. 2024. 198 p. <https://www.researchandmarkets.com/report/agriculture-machine-to-machine#cat-pos-2>
20. Jin X.-B., Yu X.-H., Wang X.-Y., Bai Y.-T., Su T.-L., Kong J.-L. Deep learning Predictor for Sustainable Precision Agriculture Based on Internet of Things System // Sustainability. 2020. Vol. 12(4): 1433. DOI: 10.3390/su12041433
21. Subeesh A., Mehta C. R. Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things // Artificial Intelligence in Agriculture. 2021. Vol. 5. P. 278–291. DOI: 10.1016/j.aiaa.2021.11.004
22. Vocaturo E., Rani G., Dhaka V. S., Zumpano E. AI-Driven_Agriculture_Opportunities_and_Challenges // Conference: 2023 IEEE International Conference on Big Data (BigData). 2023. DOI: 10.1109/BigData59044.2023.10386314. URL: <https://www.researchgate.net/publication/377602243>
23. World bank group. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>
24. Zhou L., Xia Q., Sun H., L. Zhang, Jin X. The Role of Digital Transformation in High-Quality Development of the Services Trade // Sustainability. 2023. Vol.15(5): 4014. DOI: DOI:10.3390/su15054014

Assessment of the level of digitalization of agriculture in the BRICS countries

Ol'ga T. Ergunova

PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor, Higher School of Industrial Management
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University,
195251, 29, Politekhnicheskaya str., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: ergunova-olga@yandex.ru

Svetlana G. P'yankova

Doctor of Economics, Associate Professor,
Professor of the Department of Regional, Municipal Economy and Management,
Ural State University of Economics,
620144, 62/45, 8 Marta/Narodnoy Voli str., Yekaterinburg, Russian Federation;
e-mail: silen_06@list.ru

Inna V. Mitrofanova

Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher,
Laboratory of Regional Economy,
Federal Research Centre the Southern Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences (SSC RAS),
344006, 41, Chekhov str., Rostov-on-Don, Russian Federation;
Professor, Department of Economic Theory,
Regional Economics and Entrepreneurship,
Volgograd State University,
400062 100, Prosp. Universitetsky, Volgograd, Russian Federation;
e-mail: mitrofanova@volsu.ru

Abstract

The article analyzes the level of implementation of artificial intelligence (AI) in agriculture in the BRICS countries. The object of the study is the agro-industrial complex of the BRICS countries, the subject of the study is the process of digitalization and implementation of AI in agricultural production. The purpose of the study is to assess the current state and forecast the level of development of digital technologies and AI in agriculture in the BRICS countries based on a comparative analysis of key parameters. The practical significance of the study lies in the development of recommendations for improving the efficiency and sustainability of the agro-industrial complex through the introduction of advanced digital technologies and AI. The authors examined the prospects and trends of digitalization and implementation of artificial intelligence (AI) in agriculture in the BRICS countries (Brazil, Russia, India, China, South Africa). The article analyzes the current level of use of digital technologies and AI, and provides a forecast for their further development based on data collected from 2020 to 2024. The main focus is on the implementation of Internet of Things (IoT), big data and AI technologies in the agro-industrial complex, as well as assessing their impact on productivity, sustainability and environmental safety of agriculture. It is predicted that by 2035, digitalization and AI will significantly change the agricultural sector of the BRICS countries, making it more competitive globally.

For citation

Ergunova O.T., P'yankova S.G., Mitrofanova I.V. (2024) Prognozirovanie urovnya razvitiya cifrovizacii i iskusstvennogo intellekta v sel'skom hozyajstve stran BRIKS [Forecasting the level of development of digitalization and artificial intelligence in agriculture in BRICS countries]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (7A), pp. 238-252.

Keywords

Digitalization, artificial intelligence, agriculture, BRICS, forecasting, innovation, digital infrastructure, sustainable development.

References

1. Avdokushin E. F., Zhui W. (2021) Cifrovizaciya sela v Kitae [Rural digitalization in China]. *Mir novoj ekonomiki* [The World of New Economy], 15(4), pp. 6–15. DOI: 10.26794/2220-6469-2021-15-4-6-15

2. Altukhov A.I., Dudin M.N., Anishchenko A.N. (2019) Global'naya cifrovizaciya kak organizacionno-ekonomicheskaya osnova innovacionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa RF [Global digitalization as an organizational and economic basis for the innovative development of the agroindustrial complex of the Russian Federation]. *Problemy rynochnoj ekonomiki* [Market economy problems], 2, pp. 17–27. DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2019-2-17-27>
3. Bashlykov T. V. (2023) Sel'skoe hozyajstvo Indii: Perspektivy razvitiya i social'nye protivorechiya [Agriculture in India: Prospects for Development and Social Contradictions]. *EFO: Ekonomika. Finansy. Obshchestvo*, 3 (7), pp. 4–14. DOI: 10.24412/2782-4845-2023-7-4-14
4. Vartanova M. L. (2021) Otechestvennaya i zarubezhnaya praktika cifrovoj transformacii sel'skogo hozyajstva v obespechenii prodovol'stvennoj bezopasnosti strany [Domestic and foreign practice of digital transformation of agriculture in ensuring food security of the country]. *Vestnik Akademii Znaniy*, 5(46), pp. 80–92. DOI: 10.24412/2304-6139-2021-5-80-92
5. (2022) V FAO zayavili, chto chislo golodayushchikh v mire mozhet snizit'sya pochti na 20% k 2030 godu [FAO says the number of hungry people in the world could fall by almost 20% by 2030]. *TASS*. October 14, 2022. URL: https://news.rambler.ru/sociology/49515895/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylinkhttps://news.rambler.ru/sociology/49515895-v-fao-zayavili-chto-chislo-golodayuschih-v-mire-mozhet-snizitsya-pochti-na-20-k-2030-godu/?ysclid=lxdrlyavc281673991
6. Gavrilova N. G., Mukhametzyanov R. R. (2021) Cifrovizaciya sel'skogo hozyajstva: perspektivnoe napravlenie resheniya prodovol'stvennoj problemy afrikanskih stran [Digitalization of agriculture: a prospect direction for solving the food problem of African countries]. *International agricultural journal*, 5, pp. 197–216. DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10367
7. Generalov I. G., Gubanova E. V., Losev A. N. (2022) Cifrovaya transformaciya zernovogo hozyajstva regiona [Digital transformation of the region's grain economy]. *Vestnik NGIEI*, 5 (132), pp. 104–112. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-5-104-112
8. Dobrovlyanin V. D., Antineskul E. A. (2022) Cifrovizaciya sel'skogo hozyajstva: tekushchij uroven' cifrovizacii v Rossijskoj Federacii i perspektivy dal'nejshego razvitiya [Digitalization is developing: the level of digitalization in Russia and the prospects for sustainable development]. *Cifrovye modeli i resheniya* [Digital models and solutions], 1(2). DOI: 10.29141/2782-4934-2022-1-2-5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-selskogo-hozyajstva-tekushchij-uroven-tsifrovizatsii-v-rossiyskoj-federatsii-i-perspektivy-dalnejshego-razvitiya>
9. Ergunova O. T., Pyankova S. G., Mitrofanova I. V. (2022) Transformatsiya traditsionnogo sel'skogo khozyajstva kak usloviye usileniya prodovol'stvennoj bezopasnosti regionov [Transformation of traditional agriculture as a condition for strengthening food security of regions]. *Nauchnyye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika* [Research and development. Economy], 10(6), pp. 27–34. <https://doi.org/10.12737/2587-9111-2022-10-6-27-34>
10. Kamanina A.N. (2023) Sovremennye trendy cifrovoj transformacii ekonomicheskoy deyatel'nostisel'skogo hozyajstva: analiz otechestvennoj i mirovoj praktiki [Modern trends in the digital transformation of economic activity on the example of the agricultural industry: analysis of domestic and world practice]. *Vestnik Evrazijskoj nauki* [The Eurasian Scientific Journal], 15(s3). <https://esj.today/issue-s3-2023>
11. Prokhorenko O. S., Popova K. Yu. (2022) Innovacionnyj vektor razvitiya agrarnoj sfery Brazili na osnove cifrovizacii [Innovative vector of development of the Brazilian agricultural sector of based on digitalization]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyajstve* [Economy, labor, management in agriculture], 8(90), pp. 54–65. DOI: 10.33938/228-54
12. Pyankova S. G. (2014) Konceptual'naya model' nivelirovaniya institucional'nyh provalov monoprofil'nyh territorij [Conceptual model of leveling institutional gaps of multiprofile territories]. *Municipalitet: ekonomika i upravlenie* [Municipality: Economy and Management], 2, pp. 18–29.
13. Pyankova S. G., Ergunova O. T. (2024) Strategicheskoe upravlenie regional'nyim sel'skim hozyajstvom: konceptual'no-teoreticheskie i prikladnye aspekty [Strategic management of regional agriculture: conceptual, theoretical and applied aspects]. *Ufmskij gumanitarnyj nauchnyj forum* [Ufa Humanitarian Scientific Forum], 1, pp. 209–224. DOI: 10.47309/2713-2358-2024-1-209-224
14. Iukhniuk P.P. (2023) Tendencii izucheniya sovremennykh informacionno-kommunikacionnykh tekhnologij sel'skogo hozyajstva v stranah postsovet'skogo prostranstva: bibliometricheskij analiz [Trends in the study of modern information and communication technologies of agriculture in the post-Soviet countries: bibliometric analysis]. *APK: Ekonomika, upravlenie* [APK: Economics, Management], 5, pp. 114–126. DOI: 10.33305/235-114
15. Astill J., Dara R.A., Fraser E.D.G., Roberts B., Sharif S. (2020) Smart poultry management: smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170: 105291. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105291>
16. Cyman D., Gromova E., Juchnevicius E. (2021) Regulation of Artificial Intelligence in BRICS and the European Union. *BRICS Law Journal*, 8(1), pp. 86–115. <https://doi.org/10.21684/2412-2343-2021-8-1-86-115>
17. (2024) *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. URL: <https://www.fao.org/research-and-extension/en/>

18. Fuentes A., Yoon S., Park J., Park D.S. (2020) Deep learning-based hierarchical cattle behavior recognition with spatio-temporal information. *Computers and Electronics in Agriculture*, 177: 105627. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105627>
19. (2024) *Global Agriculture M2M Market*. Global Agriculture M2M Market by Agriculture Type (Aquaculture, Arable Farming, Horticulture), Communication Type (Cellular M2M, Low-Power Wide Area Networks, Satellite M2M), Application – Forecast 2024–2030, 198 p. URL: <https://www.researchandmarkets.com/report/agriculture-machine-to-machine#cat-pos-2>
20. Jin X.-B., Yu X.-H., Wang X.-Y., Bai Y.-T., Su T.-L., Kong J.-L. (2020) Deep learning Predictor for Sustainable Precision Agriculture Based on Internet of Things System. *Sustainability*, 12(4): 1433. DOI: 10.3390/su12041433
21. Subeesh A., Mehta C. R. (2021) Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 5, pp. 278–291. DOI: 10.1016/j.aiia.2021.11.004
22. Vocaturo E., Rani G., Dhaka V. S., Zumpano E. (2023) AI-Driven Agriculture Opportunities and Challenges. *Conference: 2023 IEEE International Conference on Big Data (BigData)*. DOI: 10.1109/BigData59044.2023.10386314. URL: https://www.researchgate.net/publication/377602243_
23. (2024) *World bank group*. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>
24. Zhou L., Xia Q., Sun H., L. Zhang, Jin X. (2023) The role of Digital Transformation in High-Quality Development of the Services Trade. *Sustainability*, 15(5): 4014. DOI: DOI: 10.3390/su15054014