

## ОБЗОРЫ/REVIEWS

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.739-753>

УДК 004.89:631



## Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Китая (обзор)

© 2024. Е. Г. Раевская ✉

ФГБУН Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

*В последние годы наблюдаются значительные прорывы в развитии технологий с применением искусственного интеллекта (ИИ), кардинальным образом влияющих на самые разнообразные сферы жизни и деятельности человека. В данной обзорной статье в качестве объекта исследования рассматривается использование ИИ в сельском хозяйстве на примере Китая, который является лидером в темпах внедрения ИИ в национальную экономику и стремится перехватить у США общее лидерство в разработках ИИ-технологий. Благодаря активной работе в этом направлении и значительным финансовым вложениям в данную область, Китаю удалось существенно трансформировать свой сельскохозяйственный сектор. Цель статьи – анализ современных тенденций и возможностей, которые дает применение ИИ в аграрном секторе экономики КНР. Для этого рассмотрены трудности, с которыми сталкивается Китай при развитии сельского хозяйства, а также основные, известные на сегодняшний день направления применения ИИ в сельском хозяйстве и виды используемых технологий. Обобщена информация о китайских компаниях, применяющих ИИ-технологии в сельском хозяйстве, включая их специализацию, используемые технологии и извлекаемые преимущества. Предварительные данные показали, что ИИ используется, в первую очередь, для повышения производительности труда и эффективности производства, а, во вторую очередь, для решения проблем нехватки рабочей силы и достижения устойчивости производства. Анализ ситуации позволяет сделать вывод о том, что ИИ может стать главной движущей силой развития сельского хозяйства.*

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные роботы, сельскохозяйственные дроны, точное земледелие, умная ферма, устойчивое сельское хозяйство

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (тема № FFF-2022-0003).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Раевская Е. Г. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Китая (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(5):739–753. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.739-753>

Поступила: 13.06.2024

Принята к публикации: 16.09.2024

Опубликована онлайн: 30.10.2024

## Introducing artificial intelligence in Chinese agriculture (review)

© 2024. Elena G. Raevskaya ✉

Russian Institute for Scientific and Technical Information, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

*In recent years, significant breakthroughs are observed in developing artificial intelligence (AI), which radically affects the most diverse areas of human life and activity. This review article examines the introduction of AI in agriculture using the example of China, which is a leader in the pace of introduction of AI into the national economy and seeks to head off the United States in the overall leadership in the development of AI technologies. Thanks to active work in this direction and significant financial investments in this area, China has managed to transform substantially its agricultural sector. The purpose of the article is to analyze the current trends and opportunities offered by the application of AI in the agricultural sector of the PRC economy. To this end, a series of difficulties that China faces in the development of agriculture is considered, as well as the main currently known areas of application of AI in agriculture and the types of technologies used. Information on Chinese companies using AI technologies in agriculture is summarized, including their specialization, technologies used and benefits gained. Early evidence shows that AI is being applied firstly to improve productivity and manufacturing performance, and secondly to address labor shortages and achieve manufacturing sustainability. Analysis of the situation allows us to conclude that AI can become the main driving force in the development of agriculture.*

**Keywords:** agricultural robots, agricultural drones, precision farming, smart farm, sustainable agriculture

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Russian Institute for Scientific and Technical Information (theme No. FFF-2022-0003).

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the author stated no conflict of interest.

**For citation:** Raevskaya E. G. Introducing artificial intelligence in Chinese agriculture (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(5):739–753. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.739-753>

Received: 13.06.2024

Accepted for publication: 16.09.2024

Published online: 30.10.2024

В последние годы искусственный интеллект (далее – ИИ) стремительно ворвался в нашу жизнь и постепенно все больше проникает в ее различные сферы, существенно изменяя их, обещая и уже обеспечивая значительные улучшения, облегчение и ускорение разных видов деятельности человека [1, 2].

Для достижения такой бурной стадии развития потребовалось примерно 60–70 лет после того, как впервые было зафиксировано возникновение научного направления ИИ<sup>1</sup> (1956 г.). Действительно, ИИ не сразу нашел практическое применение, пережив историю ускоренного развития и этапы замедлений [3, 4, 5], однако в настоящее время его развитие носит взрывной характер. Создается впечатление, что скорость развития ИИ ставит жесткие рамки – внедрять его надо быстро, поскольку, кто будет медлить, окажется в отстающих, а кто внедрит ИИ, получит наибольшую экономическую выгоду. Несмотря на то, что у многих людей применение ИИ вызывает беспокойство, уже сейчас существует множество областей, где ИИ успешно применяется, среди которых можно назвать финансовую деятельность, государственное управление, научные исследования и разработки, промышленность, транспорт, медицину, искусство, развлечения, игры и многое другое [3]. Действительно, компании, внедрившие в свою деятельность различные формы ИИ, сообщают о существенном снижении затрат и увеличении своих доходов [1]. Поэтому в развитых странах ИИ становится драйвером экономического развития и его важнейшим стратегическим направлением.

Особенно интересно было бы проследить развитие ИИ на примере такой, на первый взгляд, далекой от технологических инноваций области, как сельское хозяйство. Кроме

того, было бы любопытным сделать это на примере экономики Китая как одной из наиболее бурно развивающихся экономик мира, поскольку эта страна для своего быстрого продвижения часто подхватывает и впитывает в себя самые последние достижения науки и техники, быстро внедряя их в жизнь. Китай поставил задачу стать мировым лидером в области ИИ к 2030 г. и быстро сокращает разрыв в этой области с США, лидирующими в этом направлении в настоящий момент [6, 7, 8].

Согласно статистике, китайские компании показывают самый высокий уровень внедрения ИИ в мире. Так, в КНР 58 % компаний внедряют ИИ, а 30 % рассматривают возможность его интеграции. Для сравнения, в США уровень внедрения ниже – 25 % компаний используют ИИ, а 43 % изучают его потенциальное применение [9].

В России также поставлена цель развития искусственного интеллекта. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 года одним из приоритетных направлений назван переход к «цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта»<sup>2</sup>. В 2019 г. утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта в Российской Федерации до 2030 года (указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490)<sup>3</sup>. В этой связи изучение опыта других стран, в том числе и Китая, могло бы способствовать ускорению развития ИИ в нашей стране, включая его применение в сельском хозяйстве.

<sup>1</sup>Под искусственным интеллектом в данной статье подразумевается наука и технология создания интеллектуальных машин, в частности, интеллектуальных компьютерных программ, имитирующих интеллектуальное поведение (способности к рассуждению, обучению, поиску целей, решению проблем и адаптации), которые получают рациональные результаты и используют их для выполнения конкретных задач без особого вмешательства человека [3, 4].

<sup>2</sup>«О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642. [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата обращения: 16.05.2024).

<sup>3</sup>«О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731/page/1> (дата обращения: 23.05.2024).

**Цель обзора** – анализ современных тенденций и возможностей применения ИИ в аграрном секторе экономики на примере сельского хозяйства Китая и конкретных достижений китайских компаний, работающих в области ИИ, не претендуя на детальный разбор развития этой области.

**Материал и методы.** Поиск научных статей осуществляли путем мониторинга электронных библиотечных систем: eLIBRARY.RU, ScienceDirect, Springer, Google Scholar, Academic Reference (CNKI), Crossref с использованием комбинаций следующих ключевых слов: artificial intelligence, China, agriculture, agricultural drones, agricultural robotics, agricultural sensors, precision farming, mapping, crop monitoring, disease detection, pest control, plant protection, livestock management, smart farm, AI-based analysis, cloud computing, supply chain, predictive analytics, AI-driven technologies. Для детального рассмотрения было отобрано 42 научные статьи и 5 монографий, в том числе 14 статей китайских исследователей, посвященных специфическим проблемам сельского хозяйства КНР. Рассматривали исследования, проведенные за последние 10 лет. Отдельно изучали выпуски англоязычного китайского журнала открытого доступа *Artificial Intelligence in Agriculture* (с начала выхода журнала в 2019 г. по настоящее время), а также веб-сайты известных китайских компаний, работающих в данном направлении (XAG, DJI Agriculture, Alibaba Cloud, Cainiao, Baidu и др.). Для анализа общей картины положения дел в области применения ИИ в сельском хозяйстве Китая были изучены отчеты известных аналитических компаний и веб-сайты со статистическими данными (McKinsey, statista.com, tracxn.com, fao.org и др.).

**Основная часть.** *Краткая характеристика проблем развития сельского хозяйства Китая.* Китай издавна был аграрной страной [10], и сейчас сельское хозяйство остается жизненно важной отраслью национальной экономики. Действительно, несмотря на низкую долю сельского хозяйства в общем объеме ВВП (7,3 %, [11]) Китая, оно должно обеспечивать продовольствием самое большое население в мире – более 1,4 млрд человек (20 % мирового населения). Неслучайно производство сельскохозяйственной продукции в КНР является самым крупным в мире, и это при том, что доля посевных площадей составляет всего 8 % от их мирового количества [12].

Тем не менее, сельское хозяйство Китая сталкивается с целым рядом серьезных проблем, замедляющих его успешное и устойчивое развитие. Перечислим основные из них.

1. Ограниченность пахотных земель. В Китае очень большое население, но количество пахотных земель на душу населения намного ниже, чем в среднем в мире. К тому же, в связи с урбанизацией их число продолжает уменьшаться [13, 14]. Следует также отметить труднодоступный характер земель в некоторых регионах, что затрудняет их орошение и обработку. Все это ограничивает возможности расширения посевных площадей и повышения производительности в сельском хозяйстве.

2. Нехватка воды. Китай сталкивается с серьезными проблемами нехватки воды, особенно в северных регионах [15]. Недостаток водных ресурсов и загрязнение воды негативно влияют на сельскохозяйственное производство.

3. Загрязнение окружающей среды. Индустриализация и урбанизация в Китае привели к загрязнению окружающей среды, включая почву и воздух [16, 17, 18]. Это может вызвать угнетение сельскохозяйственных культур и снижение их урожайности.

4. Изменение климата. Изменение климата представляет собой серьезную угрозу для сельского хозяйства во всем мире, и Китай не является исключением [12]. Изменение погодных условий, включая засухи, наводнения и экстремальные температуры, может оказать неблагоприятное воздействие на урожайность сельскохозяйственных культур и производство продукции животноводства.

5. Фрагментированный характер собственности на землю. Земельная собственность в Китае фрагментирована: мелкие фермеры владеют небольшими участками земли. Такая фрагментированная собственность на землю препятствует механизации и масштабируемости экономики в сельском хозяйстве [19, 20].

6. Недостаточное применение современных технологий. Некоторые области китайского сельского хозяйства по-прежнему полагаются на традиционные методы ведения, которые ограничивают производительность и эффективность [21]. Внедрение современных технологий, таких как передовые ирригационные системы, точное земледелие и генная инженерия на сегодняшний день пока ограничено.

7. Старение сельского населения. Сельское население Китая стареет, и многие молодые люди мигрируют в городские районы в поисках лучших возможностей трудоустройства. Нехватка молодых, квалифицированных фермеров тормозит развитие и модернизацию сельского хозяйства, в котором велика доля ручного труда [22, 23].

8. Неравенство доходов. В Китае существует значительная разница в доходах между сельскими и городскими районами. Низкие доходы от сельского хозяйства препятствуют инвестициям в модернизацию методов ведения сельского хозяйства и инфраструктуры [24].

9. Волатильность рынка. Колебания цен на сырьевые ресурсы и товары рыночного спроса могут повлиять на прибыльность сельского хозяйства [25]. Фермеры часто сталкиваются с проблемами доступа к стабильным рынкам и обеспечения справедливых цен на свою продукцию.

Ко всем этим трудностям можно добавить существенную разницу между регионами Китая в географических условиях для сельского хозяйства. Попытки расширения сельскохозяй-

ственных площадей на запад и север имели ограниченный успех, поскольку эти земли в большинстве случаев холоднее и засушливее, чем традиционные сельскохозяйственные угодья на востоке.

Таким образом, в настоящее время в Китае существует острая необходимость в модернизации и повышении эффективности сельского хозяйства. Одним из инструментов, которые способны помочь в решении перечисленных проблем, является искусственный интеллект [26, 27, 28], возможности применения которого в этой области рассмотрены в следующем разделе.

*Основные направления применения ИИ в сельском хозяйстве и используемые технологии.* ИИ дает огромные возможности для облегчения труда и повышения эффективности сельского хозяйства. Направления его применения в аграрной отрасли очень разнообразны, основные из них приведены на рисунке 1. Перечисленные направления приносят пользу уже сегодня, другие еще предстоит разработать по мере развития ИИ.

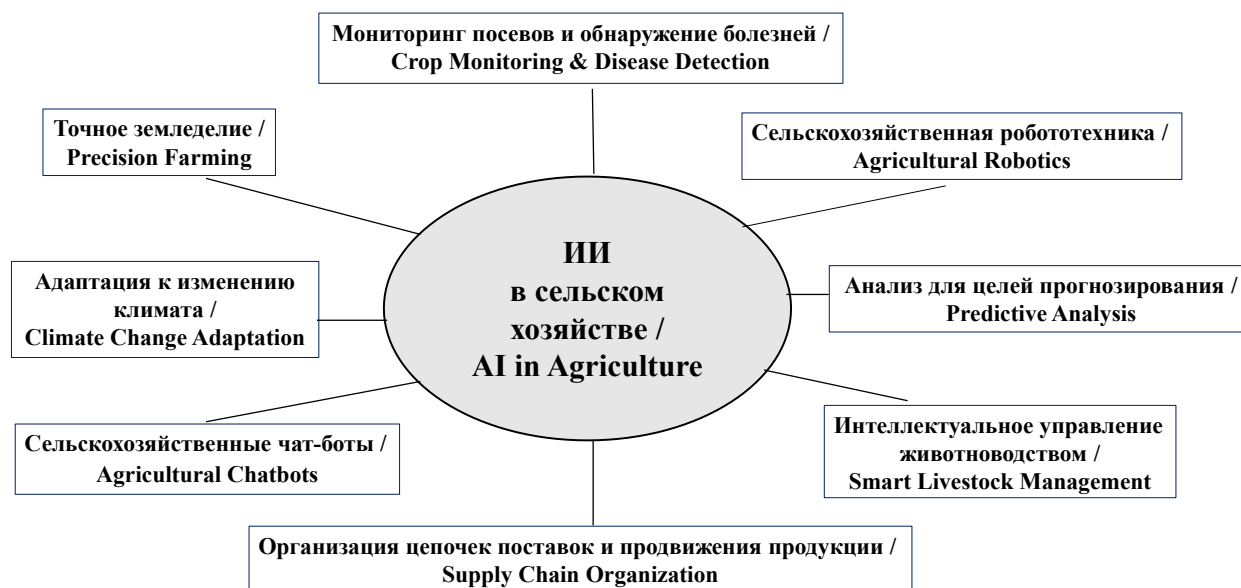


Рис. 1. Основные направления применения ИИ в сельском хозяйстве /  
Fig. 1. Main areas of application of AI in agriculture

1. Точное земледелие означает, что угодья оценивают и обрабатывают не гектарами или условными полями, а отдельными участками земли с учетом их конкретных географических, ландшафтных и химических особенностей, неоднородности всходов, фаз вегетации, влажности и плодородия почвы, необходимости внесения удобрений и пр. Точность оценки достигается за счет объединения техно-

логий (GPS, GIS и т. п.) и получаемых с их помощью данных: снимков со спутников и дронов, датчиков, установленных на технике и в полях, метеостанциях и пр. (определяются рельеф местности, показатели влажности, температуры, pH). Это помогает фермерам оптимизировать использование ресурсов и повышать урожайность сельскохозяйственных культур [29, 30, 31].



2. Мониторинг посевов и обнаружение болезней. Алгоритмы искусственного интеллекта (машинное обучение, компьютерное зрение) могут анализировать изображения или видео посевов, чтобы выявлять болезни, вредителей или недостаток питательных веществ. Это позволяет фермерам принимать своевременные меры и минимизировать потери урожая [32, 33].

3. Сельскохозяйственная робототехника. Роботы и дроны, управляемые искусственным интеллектом, используются для выполнения различных задач в сельском хозяйстве. Роботы выполняют физическую работу быстрее и точнее, чем это сделал бы человек: например, распознают и уничтожают сорняки на поле, собирают урожай, не повреждая плодов, и даже пасут скот на пастбищах. Другое направление применения роботов – это технологии точного земледелия. Их использование значительно сокращает трудозатраты и повышает эффективность сельского хозяйства [34].

4. Интеллектуальное управление животноводством. ИИ используется для мониторинга здоровья и поведения домашнего скота путем анализа данных сенсоров, прикрепленных к животным. Это помогает фермерам выявлять ранние признаки заболеваний, оптимизировать график кормления и контролировать здоровье стада [35].

5. Анализ с прогнозированием. Алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать ретроспективные данные, погодные условия и рыночные тенденции, чтобы дать предварительные оценки и прогнозы относительно урожайности сельскохозяйственных культур, рыночного спроса и цен на сырьевые товары. Это помогает фермерам принимать обоснованные решения о сроках посева/посадки, ценах и стратегиях маркетинга [36].

6. Оптимизация цепочки поставок. ИИ используется для оптимизации цепочек поставок сельскохозяйственной продукции, анализируя данные о логистике, хранении и транспортировке. Это помогает эффективно управлять запасами, сокращать потери и повышать общую эффективность работы [37].

7. Сельскохозяйственные чат-боты. Чат-боты на базе искусственного интеллекта могут в режиме реального времени отвечать на вопросы фермеров, предоставлять им информацию о конкретных культурах и предлагать рекомендации по борьбе с вредителями, приме-

нению удобрений и передовых методов ведения сельского хозяйства [38]. Для получения советов и поддержки фермеры могут использовать такие простые инструменты, как мобильный телефон с поддержкой SMS и специально разработанные приложения. Фермеры, имеющие доступ к Wi-Fi, могут получить индивидуальный план для своего хозяйства, разработанный на основе ИИ. Доступ к чат-боту может предоставляться также в любой социальной сети [39].

8. Адаптация к изменению климата. ИИ можно использовать для оценки воздействия изменения климата на сельское хозяйство и разработки стратегий адаптации к ним. Для этого ИИ выполняет анализ климатических данных, прогнозирует погодные условия и дает рекомендации по выбору устойчивых сортов сельскохозяйственных культур и методов ведения сельского хозяйства [40].

Для выполнения перечисленных выше сельскохозяйственных задач используются различные технологии искусственного интеллекта, которые широко обсуждались в недавних публикациях [41, 42, 43, 44]. Главные из этих технологий приведены на рисунке 2. Как показано на рисунке, комбинируя эти методы с такими видами цифровых технологий, как Интернет вещей, облачные вычисления, большие данные, беспроводные сенсорные сети и т. п., можно добиться огромных преимуществ сразу во многих направлениях деятельности [45].

В целом, осуществляя все эти действия и применяя соответствующие передовые технологии, ИИ может произвести революцию в сельском хозяйстве за счет повышения эффективности работы, снижения затрат, повышения производительности труда и продвижения устойчивых методов ведения сельского хозяйства. Примеры применения различных видов ИИ в сельскохозяйственных компаниях Китая представлены ниже.

*Примеры применения ИИ в сельском хозяйстве Китая.* Китай вкладывает огромные средства в развитие и внедрение в сельское хозяйство технологий на основе ИИ, что помогло ему колоссально трансформировать сельскохозяйственный сектор [46]. По оценкам [47], в 2020 г. стоимость «умного» сельского хозяйства Китая составила более 62 млрд юаней.

В таблице приведена информация о некоторых китайских компаниях, выпускающих продукцию для сельского хозяйства с использованием ИИ.

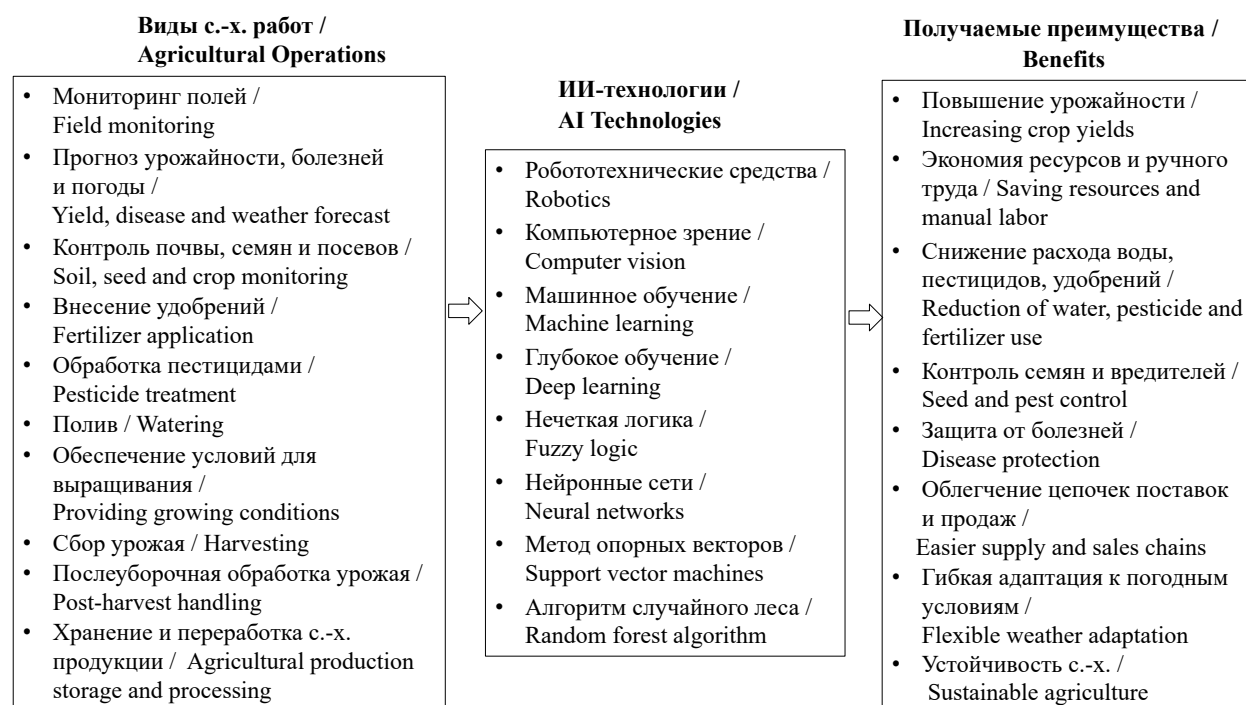


Рис. 2. Технологии на основе ИИ, применяемые в сельском хозяйстве, и преимущества, которые они обеспечивают при выполнении с.-х. работ /

Fig. 2. AI-based agricultural technologies along with the activity types, and the benefits they provide

Как видно из таблицы, это разнообразные компании от крупных с общим объемом привлеченных вложений порядка десятков и сотен млн долларов, производящих сельскохозяйственную технику и продающих ее в том числе в других странах (XAG, DJI Agriculture, Cainiao), до небольших частных компаний и стартапов с неуказанным начальным финансированием, выпускающих приложения на телефон или оборудование для теплиц или мелких хозяйств, помогающих фермерам в режиме онлайн получать информацию, необходимую для эффективного ведения работы и быстрого принятия решений в зависимости от конкретных условий. В перечисленной продукции задействованы различные ИИ-технологии, такие как облачные вычисления, интеллектуальная обработка больших данных, машинное обучение, глубокое обучение, компьютерное зрение и др., что обеспечивает достижение многочисленных преимуществ по сравнению с традиционными методами ведения сельского хозяйства. Рассмотрим некоторые примеры более подробно.

Ярким примером успешной компании рассматриваемого направления является основанная в 2007 г. фирма XAG, выпускающая управляемую ИИ-технику для сельского хозяйства [48]. XAG предлагает 6 видов про-

дукции: сельскохозяйственные дроны; наземные мобильные роботы; автопилоты для сельскохозяйственной техники; системы для интернета вещей (IoT-системы); умные системы, применяемые в сельском хозяйстве<sup>4</sup>. Сельскохозяйственные дроны и роботы могут выполнять множество задач: анализировать состояние почвы и посевов, осуществлять посев семян, проводить опрыскивание посевов, полив и другие (рис. 3).

Продукты фирмы XAG применяются в 42 странах мира, включая РФ, компания обслуживает в общей сложности около 9,3 млн фермеров, охватывая 53 % рынка сельскохозяйственных дронов в Китае (данные 2020 г.) [49]. Эти устройства помогают фермерам снизить затраты на рабочую силу, сократить использование сельскохозяйственных ресурсов и повысить урожайность. Так, например, сельскохозяйственный дрон XAG P100Pro (рис. 3, д, е), предназначенный для точного посева семян, полива и опрыскивания растений, является полностью автономным, простым в обращении аппаратом, запускаемым с помощью мобильного телефона, с ним легко управляются пожилые фермеры, и его можно транспортировать даже на мотоцикле.

<sup>4</sup>Веб-сайт компании XAG. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.xa.com/en> (дата обращения: 30.05.2024).

Таблица – Примеры компаний Китая, применяющих ИИ в сельском хозяйстве /  
Table – Examples of Chinese companies using AI in agriculture

Название фирмы / Company Name	Год основания, общий объем инвестиций / Found Year, funding	Место базирования / Location	Специализация / Profile	Технология / Technology	Получаемые преимущества / Benefits
1	2	3	4	5	6
XAG	2007, 248 млн \$ (248M USD)	Гуанчжоу (Китай) / Guangzhou (China)	Поставщик дронов и робототехники для точного земледелия / Provider of drones and robotics for applications in precision agriculture	Технологии на основе ИИ и Интернета вещей для беспилотной техники и других систем для умного сельского хозяйства / AI and IoT-based technologies for un- manned vehicles and other systems for smart agriculture	Оптимизация мониторинга посевов, выявление болезней, борьба с вредителями. Экосистема умного сельского хозяйства / Optimization of crop monitoring, disease detection, pest control. Smart agriculture ecosystem
XAGRY AgTech	Подразделение фирмы XAG / XAG Branch	Гуанчжоу (Китай) / Guangzhou (China)	Решения на основе ИИ для плодород- ства и овощеводства / AI-driven solutions for fruit and vegeta- ble farming	Технологии мониторинга посевов, выяв- ления болезней, прогнозирования урожая / Technologies for crop monitoring, disease de- tection, yield forecasting, automated harvesting	Повышение урожайности, облегчение сбора урожа / Increased productivity, easier crop harvesting
DJI Agriculture	2015, 15 млн \$ (15 M USD)	Шэньчжэнь (Китай) / Shenzhen (China)	Разработчик многофункциональных дронов, в т. ч. сельскохозяйственных для опрыскивания полей, составления карт и мониторинга / Developer of multi-utility drones, including agricultural drones for crop spraying, mapping, monitoring, etc.	Интеллектуальные решения в области технологий с.-х. дронов / Development of intelligent solutions for agricultural drone technologies	Повышение точности полива и опрыскивания полей пестицидами и удобрениями, снижение расхода воды и средств для опрыскивания, облегчение мониторинга / Increasing accuracy of watering and spraying fields with pesticides and fertilizers, reducing con- sumption of water and spraying agents, facilitating monitoring
Beijing Zhongke Yuandongli Technology	2018, 14,4 млн \$ (14.4M USD)	Пекин (Китай) / Beijing (China)	Разработка ИИ-управляемой с.-х. техники / Development of AI-driven agricultural machinery	ИИ и технологии автономного вождения. Совместная работа нескольких транспортных средств на основе беспроводной связи, сенсоры и др. / AI and autonomous driving technologies, wireless-based multi-vehicle co-operation, sensors, etc.	Повышение безопасности, точности, эконо- мичности и эффективности сельскохозяй- ственной техники / Improving safety, accuracy, cost-effectiveness and performance of agricultural machinery
PictureThis	2017, нет (Unfunded)	Гуанчжоу (Китай) / Guangzhou (China)	Платформа для обмена фотографиями и визуального распознавания растений / Photo sharing and visual plant recogni- tion platform	Сканирование растений на камеру с мо- бильного приложения, доступного для устройств Android и iOS / Scanning plants on camera from a mobile app available for Android and iOS devices	Пользователи могут идентифицировать растения, деревья и цветы, получать о них информацию и рекомендации / The platform allows users to identify plants, trees, and flowers and get information and recom- mendations
Nxin	2015, 52,9 млн \$ (52.9M USD)	Пекин (Китай) / Beijing (China)	Поставщик SaaS-платформы для управления свиноводством / Provider of SaaS platform for swine farm management	Сенсорный мониторинг температуры, влажности, содержания газа и передача данных через терминал / Sensor monitoring temperature, humidity, gas, and other indicators and transmitting data via terminal equipment	Повышение эффективности работы малых, средних и микропредприятий свиноводства / Improving the efficiency of small, medium and micro pig farming enterprises

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6
Deerberry	2021	Сучжоу (Китай) / Suzhou (China)	Поставщик решений по управлению автоматизацией теплиц на основе ИИ для селекции с.-х. культур, алгоритмов посадки, защиты растений, цепочки поставок, оптимизации рынков / Provider of AI-based greenhouse automation control solutions for crop breeding, planting algorithms, plant protection, supply chains, market optimization	Сенсоры, Интернет вещей, искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления / Sensors, IoT, artificial intelligence, big data, and cloud computing	Глубокая интеграция технологий АIoT с технологиями с.-х. производства для снижения затрат и повышения эффективности, улучшения качества продукции и увеличения доходов / Deep integration of AIoT technology with agricultural production technology to reduce costs and increase efficiency, improve quality and increase income
Chongho Bridge	2008	Дунчэн (Китай) / Dongcheng (China)	Поставщик сельскохозяйственных услуг на основе искусственного интеллекта для фермеров и управления фермой с поддержкой Интернета вещей / Provider of AI-based farming services to farmers and IoT-supported farm management	ИИ-управляемые технологии для умного сельского хозяйства: мониторинг производства, точного посева, селекции, отслеживания продукции и др. / AI-driven technologies for smart agricultural production, precision sowing, breeding, product tracking, etc.	Создание умных систем обслуживания с.-х. производства без участия человека / Creation of unmanned intelligent systems for maintenance of agricultural production
Dieui Intelligent Technology	2018, 40 млн юаней (40M RMB)	Шанхай (Китай) / Shanghai (China)	Поставщик сельскохозяйственных услуг на основе ИИ и Интернета вещей для фермеров / Provider of AI- and IoT-based agricultural services for farmers	Сенсоры и ИИ-платформа аналитики, мониторинг в реальном времени, дистанционное управление, интеграция с системой орошения, ИИ-хостинг, облачное хранение / Sensors and AI analytics platform, real-time monitoring, remote control, integration with irrigation system, AI hosting, cloud storage	Анализ собранных данных позволяет контролировать важные параметры, прогнозировать погодные условия, дает поддержку принятия решений для эффективного выращивания с.-х. продукции / Analysis of collected data provides monitoring important parameters, predicting weather conditions, and supporting decision-making for efficient crop production
Cainiao Smart Logistics Network	2013, 5.7 млн \$ (5.7M USD)	Гуанчжоу (Китай) / Guangzhou (China)	ИИ-анализ погоды, почвы и структуры посевов / AI analysis of weather, soil and crop patterns	Облачные вычисления / Cloud computing	Повышение эффективности цепочек поставок, оптимизация логистических операций в с.-х. и сокращение послеуборочных потерь / Increasing efficiency of supply chains, optimizing logistics operations in agriculture and reducing post-harvest losses
FarmFriend	2016, 17 млн \$ (17M USD)	Пекин (Китай) / Beijing (China)	Платформа сбора и обмена данными с дронов и предложений решений посредством анализа. Услуги по мониторингу и защите посевов, прогнозу и уборке урожая / Platform for collecting and sharing data from drones and proposing analysis-based solutions. Crop monitoring and protection, forecasting and harvesting services	ИИ и машинное обучение / AI and machine learning	Повышение эффективности с.-х. производства путем мониторинга и анализа данных. Помощь фермерам в принятии обоснованных решений для улучшения управления посевными, защиты и уборки урожая / Improving efficiency of agricultural production through monitoring and analyzing data. Helping farmers in informed decision-making for better crop management, protection and harvesting
Forbon	1990	Ухань (Китай) / Wuhan (China)	Производитель и поставщик удобрений, но также предлагает решения для цифрового сельского хозяйства на основе больших данных и ИИ-технологий / Manufacturer and supplier of fertilizers, but also offers solutions for digital agriculture based on big data and AI technologies	Сенсоры, дроны и другая техника с использованием ИИ / Sensors, drones and other AI-driven technologies	Помощь в принятии решений, интеллектуальный контроль, точные инвестиции и персонализированные услуги. Автоматизация с.-х. машин / Decision support, intelligent control, precise investments and personalized services. Agricultural machine automation





Рис. 3. Примеры применения в сельском хозяйстве устройств на основе ИИ, производимых китайской компанией XAG: а – составление карт полей и планирование их обработки; б – посев семян риса с помощью с.-х. дрона в труднодоступной местности; в – полив и защита фруктовых деревьев с помощью наземного беспилотного автомобиля; г – установка IoT-системы для сбора и анализа информации о с.-х. культурах; д – точный полив и опрыскивание растений с помощью с.-х. дрона для борьбы с вредителями и внесения удобрений; е – автономный с.-х. дрон XAG P100Pro, может транспортироваться с помощью мотоцикла. Источник: XAG Corporate Social Report 2020 [49] /

Fig. 3. Examples of using agricultural AI-based devices produced by the Chinese company XAG: a – mapping fields and planning their treatment; b – sowing rice seeds using agricultural drone in hardly accessible areas; c – watering and protecting fruit trees using a ground-based unmanned vehicle; d – installation of an IoT system for collecting and analyzing information on agricultural crops; e – precise watering and spraying of plants using agricultural drone to control pests and apply fertilizers; f – XAG P100Pro autonomous agricultural drone can be transported using a motorbike. Source: XAG Corporate Social Report 2020 [49]

Другим примером применения ИИ в сельском хозяйстве является компания DJI Agriculture, подразделение известной китайской фирмы DJI, созданное в 2015 г. с целью разработки интеллектуальных решений в сфере беспилотных технологий, направленных на внедрение инноваций и развитие сельского хозяйства на мировом уровне. Продукция DJI Agriculture работает в 30 странах, обеспечивая более 10 млн специалистов интеллектуальными сельскохозяйственными решениями (рис. 4). Например, фирма предлагает специализированный комплекс для сельского хозяйства, охватывает полный цикл сельскохозяйственных

работ, выполняемых беспилотной авиацией (рис. 4), а именно:

1. Кадастровая съемка, картографирование, определение границ земельных участков.
2. Анализ плодородия почвы, планирование посевной кампании.
3. Регулярный мониторинг посевов, определение слабых и пораженных вредителями и болезнями растений.
4. Адресное распыление пестицидов, гербицидов и жидких удобрений.
5. Определение степени созревания урожая и выявление оптимальных временных интервалов для сбора.



Рис. 4. Специализированный комплекс компании DJI Agriculture, выполняющий полный цикл сельскохозяйственных работ с применением БПЛА, использующих алгоритмы искусственного интеллекта. Источник: веб-сайт компании <https://ag.dji.com/> /

Fig. 4. A specialized complex from DJI Agriculture, which performs a full cycle of agricultural works using UAVs with artificial intelligence algorithms. Source: company website <https://ag.dji.com/>

Еще один пример плодотворного применения ИИ в сельском хозяйстве показывает китайская компания Alibaba Group, точнее ее подразделения Alibaba Cloud [50] и Cainiao Smart Logistics [51]. Так, в 2022 г. Cainiao построила первый сельскохозяйственный интеллектуальный производственный склад на юго-западе Китая, в поясе фруктовой про-

мышленности Линшань в Гуанси, как раз к наступлению сезона личи, реализовав новый способ интеграции этапов сбора плодов, производства, транспортировки и маркетинга продукции с помощью цифровых технологий интеллектуальной сортировки, обработки и организации продажи [52] (рис. 5).



Рис. 5. Интеллектуальный сельскохозяйственный производственный склад на юго-западе Китая компании Cainiao Logistics [52] /

Fig. 5. Intelligent agricultural production warehouse in southwest China by Cainiao Logistics [52]



Судя по общему объему продаж того года, разработанная технология обработки личи с применением интеллектуальной сортировки и других вспомогательных операций обеспечила превосходный стандартизированный продукт, что позволило установить хорошие цены по сравнению с традиционным способом обработки личи. Цена продаж выросла на 20–40 %, при этом большая часть выручки стала фактическим доходом фермеров, вырастивших эти фрукты.

Компания Alibaba Cloud, одно из подразделений Alibaba Group, разрабатывает интеллектуальные решения, способствующие цифровой трансформации различных отраслей, включая сельское хозяйство (сельскохозяйственные угодья, рыболовство и лесное хозяйство). Используя новейшие технологии на основе ИИ, Alibaba Cloud создала собственную интеллектуальную сельскохозяйственную платформу, которая собирает и анализирует важнейшие параметры на протяжении всего производственного процесса в цифровом формате, а также предоставляет основанные на алгоритмах рекомендации по ведению сельского хозяйства на каждом этапе жизненного цикла управления: от подготовки почвы до полива, внесения удобрений и сбора урожая. Применяя облачную интеллектуальную сельскохозяйственную платформу Alibaba, компания помогла фермерам в Яньляне (в районе Сиань на северо-западе Китая) значительно увеличить эффективность производства и продажи местных дынь, основного источника дохода фермеров [50]. Когда дыни впервые появились на платформе Alibaba Tmall во время Всемирного торгового фестиваля Alibaba 11 ноября 2018 г., за 15 мин было продано более 3,5 тонн дынь. В целом продажи на Taobao и Tmall выросли более чем на 30 % по сравнению с аналогичным сезоном предыдущих лет, а цена дыни выросла в среднем почти в два раза, чем при обычной продаже. Использование цифровых технологий и интеллектуальных инструментов открывает гораздо больше возможностей для фермеров, а также повышает их конкурентоспособность на рынке.

**Заключение.** Несмотря на то, что научное направление ИИ появилось в середине прошлого века, именно в последние годы мы можем наблюдать его стремительное развитие и внедрение в самые разнообразные области нашей жизни, что приводит к поразительным и неизвестным до сих пор изменениям, уско-

ряющим и облегчающим деятельность человека. Это продвижение не обошло стороной такую жизненно важную сферу экономики, как сельское хозяйство, главная цель которого накормить население нашей планеты продукцией высокого качества, численность которого постоянно растет и, по оценкам [53], к 2080 г. превысит 10 млрд чел.

Тем более это важно для такой страны, как Китай, которая на данный момент имеет самое большое население в мире (примерно пятую часть от общего количества во всех странах) и при этом сталкивается с рядом объективных проблем и трудностей при ведении сельского хозяйства. Не стоит забывать, что в этой специфической области экономики использование технологий сочетается с большим количеством тяжелого физического труда и влиянием часто неблагоприятных естественных биологических факторов.

Все эти трудности помогает преодолеть применение ИИ, который уже продемонстрировал свои многообещающие возможности в этой сфере. ИИ может применяться и уже применяется во многих областях сельского хозяйства, включая сельскохозяйственные роботы и дроны, интеллектуальные фермы, большие данные, точное земледелие и др. Роботы могут управлять, контролировать и осуществлять посевы, вести наблюдение и контроль после посева, обрабатывать почву, вносить удобрения и средства борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, а также измерять степень зрелости и проводить уборку урожая. Умные фермы используют различные датчики и оборудование для мониторинга и детального управления сельскохозяйственными культурами и животными, включая параметры окружающей среды, такие как температура, освещенность, влажность почвы и питательные вещества в почве, состояние здоровья животных и т. д.

Благодаря обработке и анализу больших сельскохозяйственных данных мы можем получать и анализировать предварительную информацию о спросе на виды сельскохозяйственной продукции, условиях культивирования, наличии влияния возможных внешних факторов на производство сельскохозяйственных культур, а затем корректировать планы посадки и ведения хозяйства для принятия более точных решений. В то же время анализ больших данных также помогает фермерам прогнозировать погоду, принимать своевре-

менные меры против вредителей и болезней, контролировать качество продукции и т. д., эффективно снижая производственные затраты. Интеллектуальный посев/посадка семян и растений не требует участия человека или громоздких операций, что позволяет сэкономить время и труд. Записи и данные о формировании урожая, хранящиеся в облаке, расширяют возможности мониторинга качества продукции.

Как было сказано выше, Китай является лидером по внедрению ИИ в свою экономику и, в частности, в ее аграрный сектор. По свежим данным, рынок ИИ в сельском хозяйстве КНР оценивается в 148,24 млн \$ США, при этом ожидается, что к 2029 г. его совокупный среднегодовой темп роста достигнет 7,84 % [54]. Известно, что в настоящее время экономический рост Китая в целом замедляется, и в связи с этим можно ожидать, что внедрение ИИ сможет дать стране столь необходимый толчок к повышению производительности и росту, особенно в условиях продолжающегося сокращения численности населения трудоспособного возраста [55, 56]. По оценкам [55], к 2035 г. ИИ может увеличить темпы экономического роста Китая на 1,6 %.

На примере китайских компаний в статье показано, что применение ИИ в сельском хозяйстве не только повышает эффективность и качество сельскохозяйственного производства, но и снижает затраты и риски, а также трудоемкость производства, значительно облегчая работу фермеров и повышая их доходы. Это согласуется с выводами других современных исследований о влиянии применения ИИ в Европе, Африке, Азии и Северной Америке [57, 58, 59]. Результаты этих исследований показали, что ИИ используется, в первую очередь, для повышения производительности труда и эффективности производства и, во вторую очередь, для решения проблем нехватки рабочей силы и достижения экологической устойчивости. Практическое применение ИИ – новое направление, которое находится на начальной стадии своего развития, ситуация формируется очень динамично и гибко, поэтому в публикациях не так много точных данных по повышению эффективности от

применения ИИ в сельском хозяйстве. Например, фирма XAG сообщает, что переход с ручного труда на использование БПЛА во Вьетнаме повысил урожайность рисовых полей на 14 %, посев при этом проводили в 4 раза быстрее [49]. Точная и равномерная обработка культур с помощью техники и прогнозирования на основе ИИ позволяет выращивать больше продовольствия, используя на 30 % меньше пестицидов и на 90 % меньше воды [49].

В одном из недавних исследований на основе предварительного анализа патентов изучено соотношение между применением ИИ и производительностью труда в Китае [60]. Показано, что ИИ положительно влияет на рост производительности труда в целом, но не так заметно в сельскохозяйственном секторе. Авторы рекомендуют правительству КНР усилить инвестиции в инновации и ИИ, проводить программы переподготовки работников для повышения их квалификации. В другом исследовании установлена положительная корреляция между применением ИИ и ростом доходов фермеров и экономическим развитием регионов Китая [61]. Важно отметить, что преимуществом применения ИИ является не только универсальность некоторых технических инструментов и средств, но и возможность оказать помощь в решении специфических проблем конкретных фермерских хозяйств с совершенно разными исходными условиями работы (географическое расположение, климат, рабочая сила, неожиданные изменения погодных условий и т. д.) [48, 50].

Таким образом, подводя итоги, можно сделать вывод, что применение ИИ дает ответ на решение проблем, с которыми сталкивается сельское хозяйство в Китайской Народной Республике. Можно ожидать, что искусственный интеллект станет главной движущей силой развития устойчивого сельского хозяйства, эффективным средством возрождения сельских регионов и создания современного устойчивого сельского хозяйства в рамках нового технологического уклада 4.0 с улучшенной производительностью труда и высокой эффективностью производства.

### References

1. The state of AI in 2023: Generative AI's breakout year. McKinsey, 2023. Survey. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year>
2. AI Index Report 2023 – Artificial Intelligence Index. URL: <https://aiindex.stanford.edu/report/>
3. Monostori L. Artificial Intelligence. In: Laperrière L., Reinhart G. (eds). CIRP Encyclopedia of Production Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014. pp. 47–50. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20617-7\\_16703](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20617-7_16703)

4. Russell S. J., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach (4<sup>th</sup> ed.). Hoboken: Pearson, 2021. p. 18.
5. Ask the AI experts: What's driving today's progress in AI? McKinsey & Company, 2017. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/ask-the-ai-experts-whats-driving-todays-progress-in-ai>
6. Струкова П. Э. Искусственный интеллект в Китае: современное состояние отрасли и тенденции развития. Вестник Санкт-Петербургского университета. Востоковедение и африканистика. 2020;12(4):588–606. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu13.2020.409> EDN: NMYQLN
- Strukova P. E. Artificial intelligence in China: the current state of industry and development trends. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Vostokovedenie i afrikanistika* = Vestnik of Saint Petersburg University. Asian and African Studies. 2020;12(4):588–606. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu13.2020.409>
7. Матвеев К. Искусственный интеллект с китайской спецификой: станет ли Китай мировым лидером в сфере ИИ к 2030 году? Аналитическая статья. РМСД. 2022. Режим доступа: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/iskusstvennyy-intellekt-s-kitayskoy-spetsifikoy-stanet-li-kitay-mirovym/>
- Matveenko K. Artificial intelligence with Chinese characteristics: will China become a world leader in AI by 2030? Analytical article. RMSD. 2022. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/iskusstvennyy-intellekt-s-kitayskoy-spetsifikoy-stanet-li-kitay-mirovym/>
8. Johansson A. C. China's AI ecosystem – Stockholm School of Economics (Report). 2022. 68 p. URL: <https://www.hhs.se/contentassets/bc962221471a415ba8ac01fbbf160277/chinas-ai-ecosystem-nov-2022.pdf>
9. Haan K., Watts R. 24 Top AI Statistics and Trends in 2024. URL: <https://www.forbes.com/advisor/business/ai-statistics/>
10. Zhou Y., Li X., Liu Y. Rural land system reforms in China: History, issues, measures and prospects. Land Use Policy. 2020;91:104330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104330>
11. Textor C. Distribution of the gross domestic product (GDP) across economic sectors in China from 2013 to 2023. Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/270325/distribution-of-gross-domestic-product-gdp-across-economic-sectors-in-china/>
12. Chen S., Chen X., Xu J. Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China. Journal of Environmental Economics and Management. 2016;76:105–124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.01.005>
13. Chen A., He H., Wang J., Li M., Guan Q., Hao J. A Study on the Arable Land Demand for Food Security in China. Sustainability. 2019;11(17):4769. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11174769>
14. Wang L., Anna H., Zhang L., Xiao Y., Wang Y., Xiao Y., Liu J., Ouyang Z. Spatial and Temporal Changes of Arable Land Driven by Urbanization and Ecological Restoration in China. Chinese Geographical Science. 2019;29:809–819. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11769-018-0983-1>
15. Li Y., Yang W., Shen X., Yuan G., Wang J. Water Environment Management and Performance Evaluation in Central China: A Research Based on Comprehensive Evaluation System. Water. 2019;11(12):2472. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11122472>
16. Voumik L. C., Sultana T. Impact of urbanization, industrialization, electrification and renewable energy on the environment in BRICS: fresh evidence from novel CS-ARDL model. Heliyon. 2022;8(11):e11457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11457>
17. Su Y., He S., Wang K., Shahtahmassebi A. R., Zhang L., Zhang J., Zhang M., Gan M. Quantifying the sustainability of three types of agricultural production in China: An emergy analysis with the integration of environmental pollution. Journal of Cleaner Production. 2020;252:119650. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119650>
18. Cai J., Li X., Liu L., Chen Y., Wang X., Lu S. Coupling and coordinated development of new urbanization and agro-ecological environment in China. Science of the Total Environment. 2021;776:145837. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145837>
19. Wang J., Cao Y., Fang X., Li G., Cao Y. Does land tenure fragmentation aggravate farmland abandonment? Evidence from big survey data in rural China. Journal of Rural Studies. 2022;91:126–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.03.013>
20. Hua J., Wang H., Kang M., Wang X., Guo S., Chang F., Wang F. Y. The design and implementation of a distributed agricultural service system for smallholder farmers in China. International Journal of Agricultural Sustainability. 2023;21(1):2221108. DOI: <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2221108>
21. Liu Y., Zang Y., Yang Y. China's rural revitalization and development: Theory, technology and management. Journal of Geographical Sciences. 2020;30:1923–1942. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1819-3>
22. Li D., Yang H. State-of-the-art Review for Internet of Things in Agriculture. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. 2018;49(1):1–20. DOI: <https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2018.01.001>
23. Lee C. C., Yan J., Wang F. Impact of population aging on food security in the context of artificial intelligence: Evidence from China. Technological Forecasting and Social Change. 2024;199:123062. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123062>
24. Wan G. Accounting for income inequality in rural China: a regression-based approach. In China's Rural Economy after WTO. Routledge, 2019. pp. 115–133.



25. Hau L., Zhu H., Huang R., Ma X. Heterogeneous dependence between crude oil price volatility and China's agriculture commodity futures: Evidence from quantile-on-quantile regression. *Energy*. 2020;213:118781. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118781>
26. Kotte B., Naveen A., Sai Akhil V., Lingireddy H., Gowtham K. V., Mudhale A., Sri B. G., Abhishek E. Artificial intelligence (AI) and its applications in agriculture: A Review. *Environment Conservation Journal*. 2024;25(1):274–288. DOI: <https://doi.org/10.36953/ECJ.24052645>
27. Shi L., Shi G., Qiu H. General review of intelligent agriculture development in China. *China Agricultural Economic Review*. 2019;11(1):39–51. DOI: <https://doi.org/10.1108/CAER-05-2017-0093>
28. Sood A., Sharma R. K., Bhardwaj A. K. Artificial intelligence research in agriculture: A review. *Online Information Review*. 2022;46(6):1054–1075. DOI: <https://doi.org/10.1108/OIR-10-2020-0448>
29. Raj E. F. I., Appadurai M., Athiappan K. Precision farming in modern agriculture. In *Smart Agriculture Automation Using Advanced Technologies: Data Analytics and Machine Learning, Cloud Architecture, Automation and IoT*. Singapore: Springer Singapore, 2022. pp. 61–87.
30. Gawande V., Saikanth D. R. K., Sumithra B. S., Aravind S. A., Swamy G. N., Chowdhury M., Singh B. V. Potential of Precision Farming Technologies for Eco-Friendly Agriculture. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2023;35(19):101–112. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i193528>
31. Henrietta H. M. Artificial intelligence in agriculture: a review of current applications and future trends. In *Futuristic Trends in Agriculture Engineering & Food Sciences Vol. 3 Book 11. IIP Series*. 2024;3:1–6. DOI: <https://doi.org/10.58532/V3BCAG11P1CHI>
32. Ouhami M., Hafiane A., Es-Saady Y., El Hajji M., Canals R. Computer vision, IoT and data fusion for crop disease detection using machine learning: A survey and ongoing research. *Remote Sensing*. 2021;13(13):2486. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13132486>
33. Eli-Chukwu N. C. Applications of artificial intelligence in agriculture: A review. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 2019;9(4):4377–4383. DOI: <https://doi.org/10.48084/etasr.2756>
34. Fountas S., Mylonas N., Malounas I., Rodias E., Hellmann Santos C., Pekkeriet E. Agricultural robotics for field operations. *Sensors*. 2020;20(9):2672. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20092672>
35. Neethirajan S. Artificial intelligence and sensor technologies in dairy livestock export: charting a digital transformation. *Sensors*. 2023;23(16):7045. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23167045>
36. Sharma K., Sharma C., Sharma S., Asenso E. Broadening the research pathways in smart agriculture: predictive analysis using semiautomatic information modeling. *Journal of Sensors*. 2022;1:5442865. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/5442865>
37. Bačiulienė V., Bilan Y., Navickas V., Civiņ L. The Aspects of artificial intelligence in different phases of the food value and supply chain. *Foods*. 2023;12(8):1654. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12081654>
38. Niranjana P. Y., Rajpurohit V. S., Malgi R. A survey on chat-bot system for agriculture domain. In *2019 1st International Conference on Advances in Information Technology (ICAIT)*. IEEE, Chikmagalur, India, 2019. pp. 99–103. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICAIT47043.2019.8987429>
39. Mostaco G. M., De Souza I. R. C., Campos L. B., Cugnasca C. E. AgronomoBot: a smart answering Chatbot applied to agricultural sensor networks. In *14th international conference on precision agriculture*. 2018;24:1–13.
40. Cheong S. M., Sankaran K., Bastani H. Artificial intelligence for climate change adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. 2022;12(5):e1459. DOI: <https://doi.org/10.1002/widm.1459>
41. Sachithra V., Subhashini L. D. C. S. How artificial intelligence uses to achieve the agriculture sustainability: Systematic review. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2023;8:46–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2023.04.002>
42. Bhagat P. R., Naz F., Magda R. Artificial intelligence solutions enabling sustainable agriculture: A bibliometric analysis. *PloS one*. 2022;17(6):e0268989. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268989>
43. Oliveira R. C. d., Silva R. D. d. S. e. Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. *Applied Sciences*. 2023;13(13):7405. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13137405>
44. Mishra H., Mishra D. Artificial intelligence and machine learning in agriculture: Transforming farming systems. *Research Trends in Agriculture Science*. 2023;1:1–16.
45. Singh G., Kalra N., Yadav N., Sharma A., Saini M. Smart agriculture: a review. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(6):423–454. DOI: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-423-454>
46. Application of artificial intelligence in agriculture: How to make AI the cornerstone of precision agriculture? *Lingzi AI Technology*. 2023. URL: <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1769836601583870425&wfr=spider&for=pc>
47. Slotta D. Artificial intelligence in China – statistics & facts. *Statista*. 2024. URL: <https://www.statista.com/topics/8383/artificial-intelligence-in-china/#topicOverview>
48. Zhou O. XAG smart agriculture system: reshaping the future of an AI-powered smart farm. In: Elbehri A. and Chestnov R. (eds). *Digital agriculture in action – Artificial intelligence for agriculture*. Bangkok: FAO and ITU, 2021. pp. 49–60. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb7142en>
49. XAG Corporate Social Responsibility Report. 2020. 34 p. URL: <https://www.xa.com/en/about/csr>

50. Zhenyu Z. Using Alibaba Cloud's AI and Alibaba's ecosystem resource to support the digitalization of agriculture in Yanliang. In: Elbehri A. and Chestnov R. (eds). Digital agriculture in action – Artificial intelligence for agriculture. Bangkok: FAO and ITU, 2021. pp. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb7142en>
51. Wang J., Si F., Yang S., Wang L. Business Model Innovation of Chinese Logistics Enterprises from the Perspective of Ecosystems: The Case of Cainiao Network. Preprint. 2023. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3584501/v1>
52. Cainiao smart warehouse helps increase fruit prices. 2022. URL: <https://mp.weixin.qq.com/s/Rhm2uffvQdrvYGEKqEEJDA>
53. Roser M., Ritchie H. How has world population growth changed over time? Our World in Data. 2023. URL: <https://ourworldindata.org/population-growth-over-time>
54. China AI in Agriculture Market by Technology (Machine Learning, Predictive Analytics and Computer Vision), by Offering (Hardware, Software and AI-as-A-Service), by Application (Precision Farming, Livestock Monitoring, Agriculture Robots, Drone and Others), by Region, Competition, Forecast and Opportunities, 2019–2029F. TechsciResearch Report. URL: <https://www.techsciResearch.com/report/china-ai-in-agriculture-market/1887.html#collapsefour>
55. Hopkins M. Report: AI to Boost China's Growth, Agriculture to Benefit. 2024. URL: <https://www.agribusinessglobal.com/markets/asia/report-ai-to-boost-chinas-growth-agriculture-to-benefit/>
56. Zhou G., Chu G., Li L., Meng L. The effect of artificial intelligence on China's labor market. China Economic Journal. 2019;13(1):24–41. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538963.2019.1681201>
57. Vadlamudi S. How Artificial Intelligence Improves Agricultural Productivity and Sustainability: A Global Thematic Analysis. Asia Pacific Journal of Energy and Environment. 2019;6(2):91–100. DOI: <https://doi.org/10.18034/apjee.v6i2.542>
58. Munnisunker S., Nel L., Diederichs D. The Impact of Artificial Intelligence on Agricultural Labour in Europe. Journal of Agricultural Informatics. 2022;13(1):638. DOI: <https://doi.org/10.17700/jai.2022.13.1.638>
59. Sahota N. AI in Agriculture: Boosting Productivity and Sustainability. 2023. URL: <https://www.neilsahota.com/ai-in-agriculture-boosting-productivity-and-sustainability/>
60. Lai Z., Yunus N. M. A preliminary study on artificial intelligence and labour productivity in China. International Business Education Journal. 2024;17(2):12–25. DOI: <https://doi.org/10.37134/ibej.Vol17.2.2.2024>
61. Tian T., Li L., Wang J. The Effect and Mechanism of Agricultural Informatization on Economic Development: Based on a Spatial Heterogeneity Perspective. Sustainability. 2022;14(6):3165. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14063165>

#### Сведения об авторе

✉ **Раевская Елена Геннадьевна**, кандидат хим. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук, ул. Усиевича, д. 20, г. Москва, Российская Федерация, 125190, e-mail: [dir@viniti.ru](mailto:dir@viniti.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3567-0509>, e-mail: [len\\_raev@mail.ru](mailto:len_raev@mail.ru)

#### Information about the author

✉ **Elena G. Raevskaya**, PhD in Chemistry, senior researcher, Russian Institute for Scientific and Technical Information, Russian Academy of Sciences, Usievich Street, 20, Moscow, Russian Federation, 125190, e-mail: [dir@viniti.ru](mailto:dir@viniti.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3567-0509>, e-mail: [len\\_raev@mail.ru](mailto:len_raev@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author