УДК 637.112

Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Е. А. Скворцов[1], В. И. Набоков[2]✉, К. В. Некрасов[3], Е. Г. Скворцова[2], М. И. Кротов[2]
[1] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[2] Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия
[3] Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия
✉*E-mail: nv1472@yandex.ru*

Аннотация. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) применяются в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в сельском хозяйстве. Цель исследования – рассмотреть сущность и направления применения технологий ИИ в сельском хозяйстве. Данные технологии применяются в различных областях сельского хозяйства: обнаружение болезней растений, классификация и идентификация сорняков, определение и подсчет плодов, управление водными ресурсами и почвой, прогнозирование погоды (климата), определение поведения животных. Технологии ИИ, применяемые в сельском хозяйстве, обладают рядом существенных особенностей. Прежде всего, это программные и технические средства. Технологии ИИ выполняют интеллектуальную функцию при проведении работ в сельском хозяйстве, которые состоят в осуществлении абстрактных умозаключений, распознавании образов, осуществлении действий в условиях неполноты информации, проявлении творчества, способности к самообучению. К сильным сторонам применения технологий ИИ следует отнести повышение производительности труда в отраслях сельского хозяйства, повышение эффективности управленческих решений, а также повышение доступа к информации, расширение возможностей человека на рабочем месте и появление новых профессий. Основные возможности связаны с различными техническими прорывами, в частности с машинным обучением, использованием нейронных сетей, больших данных и т. д. Это позволит создать дополнительные рабочие места в высокотехнологичных секторах, в том числе в программировании. Технологии ИИ позволят оптимизировать производство продуктов питания во всем мире и снизить остроту проблемы глобального голода. Одна из угроз для РФ состоит в наметившемся отставании в разработке данных технологий для сельского хозяйства от передовых стран. Результаты исследования могут быть использованы органами исполнительной власти при разработке программ инновационного развития сельского хозяйства и технической модернизации отрасли.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, интеллектуальные технологии, цифровое сельское хозяйство.

Для цитирования: Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Е. А. Скворцов, В. И. Набоков, К. В. Некрасов, Е. Г. Скворцова, М. И. Кротов // Аграрный вестник Урала. 2019. № 8 (187). С. 91–98. DOI:

Дата поступления статьи: 29.05.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

В России в 2019 году планируется запуск программы «Цифровизация сельского хозяйства». Одной из основных ее задач является переход к цифровому сельскому хозяйству, точному земледелию, активному использованию цифровых технологий. По предварительным оценкам, это позволит к 2024 году увеличить вклад сельского хозяйства в экономику страны до 5,9 трлн руб., повысить экспортную выручку сельхозорганизаций до 45 млрд долл., существенно повысить эффективность аграрного производства.

Особое значение среди данных технологий приобретают технологии искусственного интеллекта (ИИ). Дело в том, что технологии ИИ в том или ином виде применяются при анализе больших данных, используются в робототехнике. Искусственный интеллект играет важную роль в управлении жизненным циклом информации, включающим обработку данных, управление информационными потоками и знаниями.

Технологии ИИ уже применяются в различных отраслях народного хозяйства. В медицине они позволяют на основе обработки большого объема данных ставить своевременный диагноз с высокой точностью. Данные технологии широко используются в быту. В промышленности ИИ позволяет полностью автоматизировать вредные и опасные для работающих производства. Технология умного дома на основе ИИ оптимизирует работу сигнализации, помогает делать покупки и даже осуществлять покупки за работника. Все большее значение данные технологии приобретают и в сельском хозяйстве.

Методология и методы исследования (Methods)

Отдельные вопросы, связанные с внедрением и использованием технологий ИИ в сельском хозяйстве, рассмотрели российские ученые А. В. Акимов, М. И. Гор-

© Е. А. Скворцов, В. И. Набоков, К. В. Некрасов, Е. Г. Скворцова, М. И. Кротов, 2019

© E. A. Skvortsov, V. I. Nabokov, K. V. Nekrasov, E. G. Skvortsova, M. I. Krotov, 2019

бачев, А. А Гришин, Л. П. Кормановский, Ю. Ф. Лачуга, Н. М. Морозов, П. А. Суровцев, Е. А. Тяпугин, В. К. Углин, Р. Р. Хисамов, Ю. А. Цой, С. В. Шаныгин, Е. И. Юревич и другие. Вместе с тем многие аспекты, связанные с внедрением и использованием технологий ИИ в сельском хозяйстве, теоретически и методически не разработаны. Недостаточно разработан понятийный аппарат, мало исследованы последствия использования технологий искусственного интеллекта. Этим объясняется выбор темы, объекта, предмета, цели и задач исследования.

Цель исследования – рассмотреть сущность и направления применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Начиная с появления в 1940-х годах первых электронно-вычислительных машин, специалисты прогнозируют появление компьютера, который будет сопоставим по уровню интеллекта с человеком. Еще в 60-е годы ведущие ученые в этой сфере говорили о создании в течение нескольких десятилетий искусственного интеллекта. При этом имелась в виду разумная техническая система, наделенная здравым смыслом, обладающая способностью к обучению и мышлению, умеющая планировать и комплексно обрабатывать информацию, собранную из разных источников – реальных и теоретических. Первые исследователи технологий ИИ прогнозировали создание сверхразума, который во многом превзойдет уровень человеческого мышления.

В процессе исследования использовался библиометрический метод, который позволяет проводить сбор информации о публикациях для ее дальнейшего обобщения. В данном исследовании сначала проводилось глубинное сканирование текстов для отбора ключевых слов, затем выполнялся анализ публикаций в наукометрических базах.

Для оценки возможностей применения технологий ИИ в сельском хозяйстве использован инструментарий SWOT-анализа. Универсальные приемы данного метода позволили выявить слабые и сильные стороны, наметить возможности и угрозы применения технологий ИИ в отрасли. Использовались также экономико-статистический анализ и другие методы научного исследования, обусловленные конкретными задачами исследования.

Результаты (Results)

В настоящее время организации сельского хозяйства России осуществляют переход к цифровым технологиям. По прогнозам экспертов из исследовательской компании Json and Partners Consulting, суммарный экономический эффект от перехода сельского хозяйства России к данным технологиям может составить более 4,8 трлн рублей в годовом исчислении, что составляет 5,6 % прироста ВВП (относительно показателя 2016 года) [1]. Согласно прогнозу экспертов, выполнение «дорожной карты» Минсельхоза России позволит к 2024 году повысить долю организаций АПК, использующих так называемые технологии интернета вещей, точного земледелия, цифрового стада и умных теплиц, до 60 %. Переход к цифровым технологиям будет способствовать росту престижности труда в отрасли, увеличению доли молодых работников, увеличению к 2024 году на 20 % количества рабочих мест в отрасли. Видное место в указанных цифровых технологиях занимают технологии развитие искусственного интеллекта.

Современные представления об искусственном интеллекте имеют мало общего с представлениями о системах и роботах, привитых нам фантастами прошлого века. Искусственный интеллект лишен сознания, в нем нет интеллекта, если рассматривать последний как способность приспосабливаться к новым ситуациям, понимать и применять абстрактные концепции и использовать знания для управления окружающей средой. На этом его «слабости» заканчиваются. Искусственный интеллект способен просматривать, изучать, сопоставлять и анализировать огромные массивы данных. В этом плане компьютерные программы значительно превосходят возможности человека – алгоритмы с легкостью «рассуждают» в рамках долгосрочного марафона, в то время как мыслительные возможности человека работают на «коротких дистанциях», последовательно решая вереницы локальных и симптоматических проблем.

Это вызывает значительный интерес к технологиям ИИ. Так, в последнее время наблюдается резкое увеличение количества публикаций БД Web of Science по применению данных технологий в сельском хозяйстве. В процессе исследования выявлена в общей сложности 1141 такая статья, опубликованная с 2008 по 2018 годы. При этом наибольший прирост (в 1,6 раза по сравнению с предыдущим годом) наблюдался в 2018 году (рис. 1).

Кроме того, проведен анализ количества публикаций в крупнейшей научной базе цитирования WoS в разрезе стран (рис. 2).

Технологии ИИ могут применяться в различных областях сельскохозяйственного производства. Так, их начинают использовать при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от различных факторов. Австралийские ученые производят точный прогноз урожайности кофе на основе экологических, климатических и почвенных условий [2]. В их исследовании применяются технологии ИИ на основе экстремального машинного обучения (ELM) для анализа свойств и плодородия почв. Использование ELM по сравнению с аналогичными моделями позволяет существенно повысить эффективность прогнозирования урожайности в хозяйствах, выбрать почвы с наиболее оптимальными свойствами.

Методы машинного обучения (ML) позволяют обрабатывать большое количество входных данных о развитии растений и на этой основе осуществлять весьма точное прогнозирование урожайности культур [3]. В одном из исследований, которое использовалось для прогнозирования урожайности, авторы разработали систему машинного зрения для уборки вишни [4]. Основная цель этой системы – снижение потребности в ручном труде при уборке урожая и выполнении погрузочно-разгрузочных работ. В другом исследовании авторы разработали систему картографирования урожайности цитрусовых [5]. Цель исследования состояла в том, чтобы предоставить производителям конкретную информацию об урожайности и оптимизировать посадки с точки зрения прибыли и урожайности.

Информация о состоянии почвы также является весьма важной, позволяющей принимать эффективные управленческие решения. Группа исследователей применила технологии ИИ для мониторинга и прогнозирования влажности

почвы, что весьма необходимо для понимания динамики почвенных процессов и последующего принятия решений [6]. В их исследовании применялись гибридные модели интеллектуальных данных и экстремального машинного обучения. Другие учение применили различные модели машинного обучения для оценки температуры почвы [7]. Определение температуры различных слоев почвы (от 5 до 100 см) выполнялось с использование экстремального машинного обучения, искусственной нейронной сети (ANN) и дерева моделей (M5 Tree). Это позволило получить оптимальную модель на основе ELM для оценки температуры почвы на разных глубинах с соответствующей комбинацией метеорологических данных.

Значительное количество исследований по применению технологий ИИ посвящено выявлению болезней растений и животных. Так, разработана система для обнаружения азотного стресса и желтой ржавчины, инфицированных и здоровых растений озимой пшеницы, основанная на иерархическом самоорганизующемся классификаторе и гиперспектральных данных. Исследование было направлено на точное выявление этих категорий для более эффективного использования фунгицидов и удобрений [8].

Технологии ИИ используются при прогнозировании погоды. Так, применение технологий машинного обучения (ELM) позволило получить более точные прогнозы потенциальных рисков засухи в восточной Австралии [9]. Аналогичные результаты получены в Пакистане с помощью модели машины экстремального обучения (Comm-ELM) [10]. Это позволяет использовать технологии искусственного интеллекта при принятии управленческих решений по снижению последствий климатических рисков и управлению урожайностью.

Значительную роль играет и требует существенных усилий управление водными ресурсами в сельскохозяйственном производстве. Точная оценка эвапотранспирации является сложным процессом и имеет большое значение для управления ресурсами в растениеводстве, а также для проектирования и эксплуатации ирригационных систем. Исследователями разработан вычислительный метод для оценки среднемесячной эвапотранспирации для засушливых и полузасушливых регионов. При этом использовались методы машинного обучения и среднемесячные климатические данные 44 метеорологических станций за период с 1951 по 2010 годы [11].

Еще одна серьезная проблема в сельском хозяйстве – выявление сорняков и борьба с ними. Технологии ИИ позволяют точечно определять сорняки в посевах. Разработан новый способ, основанный на методах машинного обучения (ML) и гиперспектральной визуализации, для распознавания видов культур и сорняков [12]. Основной целью данного метода является точное выявление различных видов сорняков, что позволяет достигать определенных экономических эффектов и снижать уровень обработки гербицидами посевов.

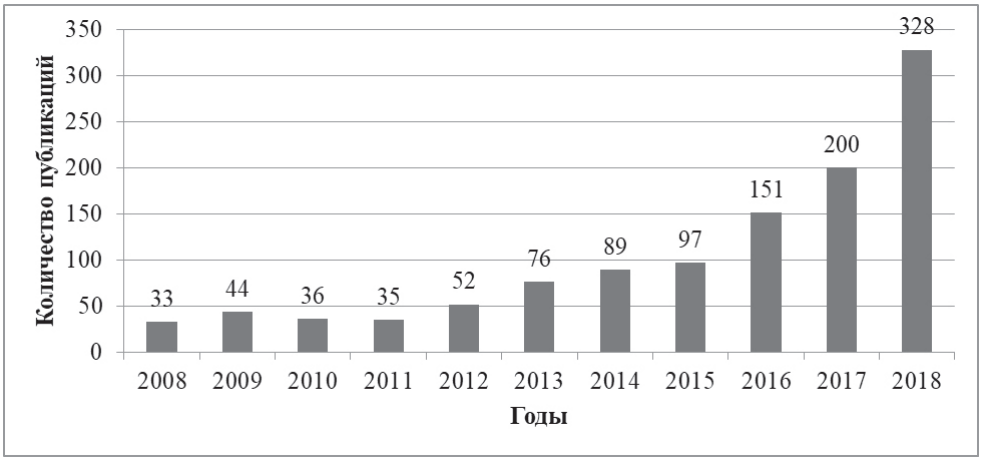

Рис. 1. Количество публикаций в БД Web of Science по применению технологий ИИ в сельском хозяйстве

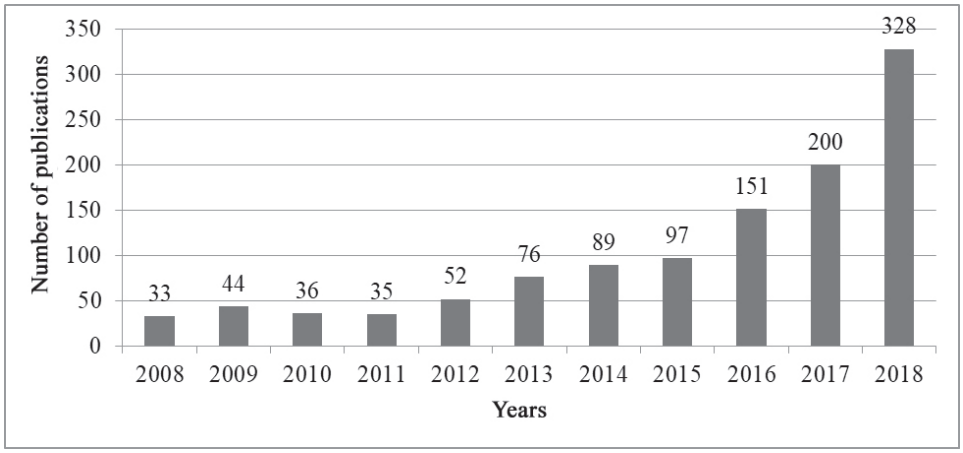

Fig. 1. Number of publications in the Web of Science database on the use of AI technologies in agriculture

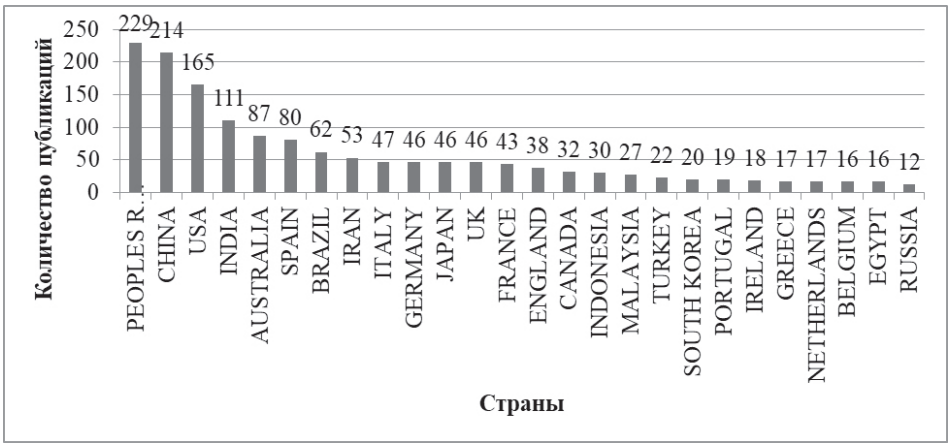

Рис. 2. Количество публикаций в базе данных WoS в разрезе стран

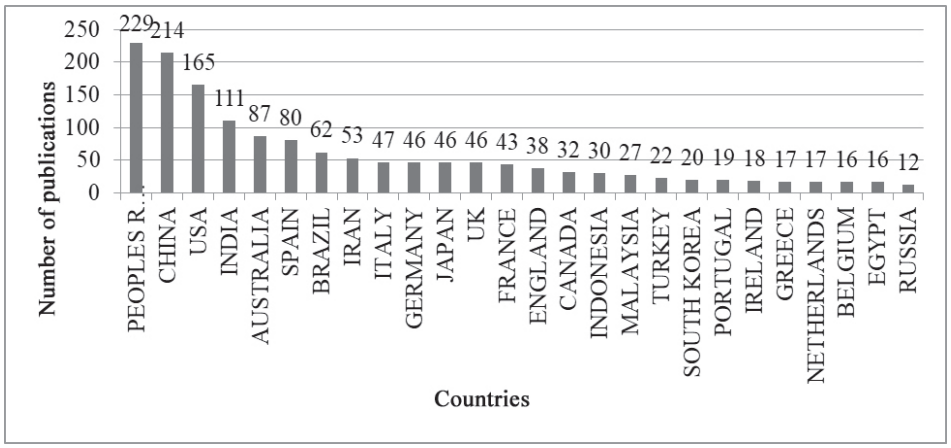

Fig. 2. Number of publications in the WoS database by country

В животноводстве технологии ИИ применяются при оценке продуктивности и моделей поведения животных. Разработан метод классификации поведения крупного рогатого скота на основе моделей машинного обучения с использованием данных, собранных ошейниковыми датчиками с магнитометрами и трехосными акселерометрами. Целью исследования было прогнозирование таких событий, как эструс и распознавание изменений рациона у крупного рогатого скота [13].

Обобщив данные некоторых технологий искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве, можно выделить их некоторые общие характеристики. Технологии ИИ, применяемые в сельском хозяйстве, обладают рядом существенных особенностей, а именно:

– это технические решения, прежде всего программные и технические средства для выполнения определенных сельскохозяйственных работы или прогнозирования развития отрасли в зависимости от различных факторов (климата, состояния почвы, количества осадков, цен на рынке). Зачастую технологии ИИ используются совместно с робототехникой, здесь можно говорить об их взаимодействии. Так, робот обеспечивает передвижение, манипуляцию предметами и орудиями труда, а технологии ИИ, в свою очередь, осуществляют ориентацию в пространстве, выбирают оптимальные орудия труда для робота при выполнении определенной работы, распознают препятствия и объекты и т. д.;

– они используются для сельского хозяйства, т. е. непосредственно при производстве продуктов питания или выработке оптимальной стратегии управления сельским хозяйством. Это означает необходимость учета функционирования в изменяющихся природно-климатических условиях; работу с живыми организмами – растениями, животными; функционирование в животноводческих помещениях или открытой местности, что вызывает необходимость ориентироваться в пространстве, зачастую с распознаванием образов (различных неотсортированных объектов); работу с большими объемами данных при анализе стратегии развития сельского хозяйства;

– они выполняют интеллектуальные функции при осуществлении работ в сельском хозяйстве, которые состоят в возможности осуществлять абстрактные умозаключения, распознавать образы, действовать в условиях неполноты информации, проявлять творчество, способность к самообучению. Это особенно актуально при распознавании неоткалиброванных объектов или построении моделей развития сельского хозяйства в зависимости от различных факторов (ценовых, рыночных и т. д.).

Можно выделить возможности и ограничения в использовании технологий ИИ в сельском хозяйстве (таблица).

Многие эксперты связывают основные эффекты применения технологий ИИ с повышением производительности труда в сельском хозяйстве. Внедрение данных технологий также позволит снизить занятость людей на опасных и вредных для человека и животных произ-

Таблица

SWOT-анализ применения технологий ИИ в сельском хозяйстве

Сильные стороны (Strengths)	Слабые стороны (Weaknesses)
Повышение производительности труда в организациях сельского хозяйства, использующих технологии ИИ	Необходимость продолжительных исследований и значительных инвестиций в разработку технологий ИИ для сельского хозяйства
Повышение эффективности принимаемых управленческих решений, а также повышение уровня знаний и доступа к информации	Длительность выхода технологий ИИ на рынок, сложность определения коммерческой эффективности данных технологий
Расширение возможностей человека на рабочем месте, появление новых профессий и рабочих мест	Необходимость обработки огромных объемов данных, энергетических затрат и дорогостоящего цифрового оборудования
Повышение привлекательности отрасли для молодого поколения кадров	Сопротивление отдельных работников внедрению технологий ИИ
Возможности (Opportunities)	**Угрозы (Threats)**
Создание дополнительных рабочих мест в высокотехнологичном секторе, в том числе в программировании, обслуживании оборудования ИИ	Наметившееся отставание РФ от передовых стран в разработке технологий ИИ для сельского хозяйства
Существенный рост прогресса в развитии технологий ИИ в сельском хозяйстве на основе машинного обучения, использования больших данных, нейронных сетей и т. д.	Низкая ясность последствий внедрения технологий ИИ для большинства социальных институтов
Возможные технологические прорывы в сельском хозяйстве на основе открытия с помощью ИИ новых закономерностей в животном и растительном мире	Подготовка кадров в отраслевых учебных заведениях по устаревшим программам, с недостатком компетенций по применению ИИ в аграрном производстве

Table

SWOT-analysis of the use of AI technologies in agriculture

Strengths	***Weaknesses***
Increasing productivity in agricultural organizations using AI technologies	*The need for long-term research and significant investment in the development of AI technologies for agriculture*
Improving the efficiency of management decisions, as well as improving the level of knowledge and access to information	*The duration of AI technologies entering the market, the complexity of determining the commercial efficiency of these technologies*
Empowerment of the person in the workplace, the emergence of new professions and jobs	*The need to process huge amounts of data, energy costs and expensive digital equipment*
Increasing the attractiveness of the industry for the younger generation of personnel	*Resistance of individual employees to the introduction of AI technologies*
Opportunities	***Threats***
Creation of additional jobs in the high-tech sector, including programming, maintenance of AI equipment	*Russia's lagging behind advanced countries in the development of AI technologies for agriculture*
Significant progress in the development of AI technologies in agriculture based on machine learning, the use of big data, neural networks, etc.	*Low clarity on the impact of AI technologies on most social institutions*
Possible technological breakthroughs in agriculture based on the discovery of new laws in the animal and plant world with the help of AI	*Training in branch educational institutions on outdated programs, with a lack of competence in the use of AI in agricultural production*

водствах, прежде всего на работах с ядохимикатами, по опрыскиванию растений и навозоудалению. Это, в свою очередь, позволит повысить привлекательность отрасли для молодых кадров.

Повышение эффективности управленческих решений, а также повышение уровня знаний и доступа к информации связано с возможностью искусственного интеллекта предоставлять более точные прогнозы по урожайности, ценовым и рыночным рискам и др. Достаточно часто инвесторов от сельского хозяйства отпугивают высокие риски неполучения урожая, резкие колебания цен и т. д.

Одна из возможностей применения технологий ИИ состоит в том, что они способствуют расширению возможностей человека на рабочем месте, а в ряде случаев являются его заменой при выполнении таких функций, как вождение автомобиля (комбайна, трактора). Точно так же прошлые технологические инновации, такие как развитие и внедрение широкополосного интернета, разработка и внедрение мобильной телефонии и другие, послужили расширению человеческих возможностей, а в некоторых случаях позволили заменить людей на опасных и монотонных работах.

Технологии ИИ имеют значительный потенциал для оптимизации производства продуктов питания посредством анализа условий ведения работ в конкретных регионах и определения того, что необходимо сделать для повышения урожайности в каждом из них.

Прогресс в развитии технологий ИИ в сельском хозяйстве стал возможным благодаря различным технологическим прорывам. Зачастую эти технологии строятся на основе машинного обучения и использования больших данных, нейронных сетей и т. д. Применение этих технологий

позволяет обнаружить новые закономерности в животном и растительном мире, что может привести к различным технологическим прорывам в сельском хозяйстве.

Слабые стороны данных технологий состоят в необходимости концентрации значительных финансовых и людских ресурсов на проведении исследований по этим направлениям. Страны с высоким уровнем экономического развития, прежде всего Китай, США, страны ЕС, осознают значимость исследований данных вопросов и вкладывают в них значительные средства. Серьезная угроза для сельского хозяйства России состоит в том, что наметилось отставание в разработке технологий ИИ для сельского хозяйства от передовых стран.

Применение технологий ИИ в сельском хозяйстве и в экономике в целом окажет определяющее влияние на развитие различных социальных институтов. Эксперты считают, что большинство их них, прежде все институты частной собственности, рынка, производства, семьи, образования, государства и права, претерпят при этом кардинальные изменения.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, технологии ИИ уже используются в различных областях сельского хозяйства, таких как обнаружение болезней растений, классификация растений, идентификация сорняков, подсчет плодов, классификация земельных ресурсов, обнаружение препятствий для сельскохозяйственной техники, распознавание образов, прогнозирование погоды, изучение поведения животных.

Дальнейшее развитие и применение данных технологий связно с существенными неопределенностями. Управляемые с помощью программного обеспечения производственные, сервисные и транзакционные структуры изначально приобретают глобальный характер. Возникает значительное количество теоретических и прикладных вопросов, на которые должна ответить в ближайшее время экономическая наука.

Результаты исследования могут быть использованы органами исполнительной власти при разработке программ инновационного развития сельского хозяйства и технической модернизации отрасли.

Библиографический список

1. Набоков В. И., Некрасов К. В., Зуева О. Н., Донскова Л. А. Отраслевые особенности как фактор формирования и развития логистических систем в АПК // Аграрный вестник Урала. 2016. № 12 (154). С. 102–104.
2. Набоков В. И., Ишниязова А. Р., Некрасов К. В. Совершенствование инновационной деятельности современных организаций: монография. Ижевск: ООО «Принт-2», 2017. 140 с.
3. Набоков В. И., Скворцов Е. А., Некрасов К. В. Кадровая проблема и внедрение робототехники в сельском хозяйстве // Финансовая экономика. 2018. № 7. С. 89–91.
4. Набоков В. И., Скворцов Е. А., Некрасов К. В. Внедрение робототехники в организациях сельского хозяйства // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 4 (33). С. 126–131.
5. Некрасов К. В. Организационно-экономический механизм инновационного развития перерабатывающих организаций молочно-продуктового подкомплекса региона: автореферат дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург: Уральская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. 26 с.
6. Федоренко В. Ф., Черноиванов В. И., Гольтяпин В. Я., Федоренко И. В. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства: научный аналитический обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 232 с.
7. Amatya S., Karkee M., Gongal A., Zhang Q., Whiting M. D. Detection of cherry tree branches with full foliage in planar architecture for automated sweet-cherry harvesting // Biosystems Engineering. 2015. No. 146. Pp. 3–15
8. Dutta R., Smith D., Rawnsley R., Bishop-Hurle, G., Hills J., Timms G., Henry D. Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers // Computers and Electronics in Agriculture. 2015. No. 111. Pp. 18–28.
9. Mehdizadeh S., Behmanesh J., Khalili K. Using MARS, SVM, GEP and empirical equations for estimation of monthly mean reference evapotranspiration // Computers and Electronics in Agriculture. 2017. No. 139. Pp. 103–114.
10. Mouatadid S., Raj N., Deo R. C., Adarnowski J. F. Input selection and data-driven model performance optimization to predict the Standardized Precipitation and Evaporation Index in a drought-prone region // Atmospheric research. 2018. T. 212. Pp. 130–149.
11. Prasad R., Deo R. C., Li Y., Maraseni T. Soil moisture forecasting by a hybrid machine learning technique: ELM integrated with ensemble empirical mode decomposition // Geoderma. 2018. T. 330. Pp. 136–161.
12. Pantazi X. E., Moshou D., Oberti R., West J., Mouazen A. M., Bochtis D. Detection of biotic and abiotic stresses in crops by using hierarchical self organizing classifiers // Precision Agriculture. 2017. No. 18. Pp. 383–393.
13. Sengupta S., Lee W. S. Identification and determination of the number of immature green citrus fruit in a canopy under different ambient light conditions // Biosystems Engineering. 2015. No. 117. Pp. 51–61.

Об авторах:

Егор Артемович Скворцов[1], кандидат экономических наук, доцент

Владимир Иннокентьевич Набоков[2], доктор экономических наук, профессор, *nv1472@yandex.ru*

Константин Викторович Некрасов[3], кандидат экономических наук, доцент

Екатерина Геннадьевна Скворцова[2], преподаватель

Михаил Иванович Кротов[2], кандидат экономических наук, доцент

[1] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[2] Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[3] Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

Application of technologies of artificial intelligence in agriculture

E. A. Skvortsov[1], V. I. Nabokov[2]✉, K. V. Nekrasov[3], E. G. Skvortsova[2], M. I. Krotov[2]
[1]Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[2]Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
[3]Ural State University of the Railway Transport, Ekaterinburg, Russia
✉*E-mail: nv1472@yandex.ru*

Abstract. The technologies of artificial intelligence (AI) are used in various sectors of the national economy, including agriculture. The purpose of the study is to identify the essence and summarize the directions of application of AI technologies in agriculture. These technologies are used in various fields of agriculture: the detection of plant diseases, the classification and identification of weeds, the determination and counting of fruits, the management of water resources and soil, the prediction of weather (climate), and the determination of animal behavior. AI technologies used in agriculture have a number of significant features. First of all, it is a software and hardware tool. AI technologies perform an intellectual function when performing work in agriculture, which consists in the ability to perform abstract reasoning, recognize images, act in conditions of incomplete information, show creativity, and ability to learn. The strengths of the application of AI technologies include increased labor productivity in agricultural sectors, increased efficiency in managerial decision-making processes, as well as increased access to information, increased human capabilities in the workplace, and the emergence of new professions. The main features are connected with various technical breakthroughs, in particular, machine learning, neural networks, big data, etc. This will create additional jobs in high-tech sectors, including programming. AI technologies will optimize food production worldwide and reduce the problem of global hunger. One of the threats is the outlined lag of the Russian Federation in the development of these technologies for agriculture from the advanced countries. The results of the study can be used by the executive authorities in the development of programs for innovative agricultural development and technical modernization of the industry.
Keywords: artificial intelligence, deep learning (DL), intellectual technologies, digital farming.

For citation: Skvortsov E. A., Nabokov V. I., Nekrasov K. V., Skvortsova E. G., Krotov M. I. Primeneniye tekhnologiy iskusstvennogo intellekta v sel'skom khozyaystve [Application of technologies of artificial intelligence in agriculture] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 8 (187). Pp. 91–98. DOI: ... (In Russian.)

References

1. Nabokov V. I., Nekrasov K. V., Zueva O. N., Donskova L. A. Otraslevyye osobennosti kak faktor formirovaniya i razvitiya logisticheskikh sistem v APK [Industry features as a factor of formation and development of logistics systems in the agro-industrial complex] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 12 (154). Pp. 102–104. (In Russian.)
2. Nabokov V. I., Ishniyazova A. R., Nekrasov K. V. Sovershenstvovaniye innovatsionnoy deyatel'nosti sovremennykh organizatsiy: monografiya [Improvement of innovative activities of modern organizations: monograph]. Izhevsk: LLC „Print-2“, 2017. 140 p. (In Russian.)
3. Nabokov V. I., Skvortsov E. A., Nekrasov K. V. Kadrovaya problema i vnedreniye robototekhniki v sel'skom khozyaystve [Personnel problem and introduction of robotics in agriculture] // Financial economy. 2018. No. 7. Pp. 89–91. (In Russian.)
4. Nabokov V. I., Skvortsov E. A., Nekrasov K. V. Vnedreniye robototekhniki v organizatsiyakh sel'skogo khozyaystva [Introduction of robotics in agricultural organizations] // VIESH institute' herald. 2018. No. 4 (33). Pp. 126–131. (In Russian.)
5. Nekrasov K. V. Organizatsionno-ekonomicheskiy mekhanizm innovatsionnogo razvitiya pererabatyvayushchikh organizatsiy molochno-produktovogo podkompleksa regiona: avtoreferat dis. ... kand. ekon. nauk [Organizational and economic mechanism of innovative development of the organizations of processing a dairy-grocery subcomplex of region: abstract of dissertation ... candidate of economic sciences]. Ekaterinburg: Ural State Agricultural Academy, 2013. 26 p. (In Russian.)
6. Fedorenko V. F., Chernoivanov V. I., Gol'tyapin V. Ya., Fedorenko I. V. Mirovyye tendentsii intellektualizatsii sel'skogo khozyaystva: nauchnyy analiticheskiy obzor [International trend of intellectualization of agriculture: scientific analytical review]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2018. 232 p. (In Russian.)
7. Amatya S., Karkee M., Gongal A., Zhang Q., Whiting M. D. Detection of cherry tree branches with full foliage in planar architecture for automated sweet-cherry harvesting // Biosystems Engineering. 2015. No. 146. Pp. 3–15
8. Dutta R., Smith D., Rawnsley R., Bishop-Hurle, G., Hills J., Timms G., Henry D. Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers // Computers and Electronics in Agriculture. 2015. No. 111. Pp. 18–28.
9. Mehdizadeh S., Behmanesh J., Khalili K. Using MARS, SVM, GEP and empirical equations for estimation of monthly mean reference evapotranspiration // Computers and Electronics in Agriculture. 2017. No. 139. Pp. 103–114.

10. Mouatadid S., Raj N., Deo R. C., Adarnowski J. F. Input selection and data-driven model performance optimization to predict the Standardized Precipitation and Evaporation Index in a drought-prone region // Atmospheric research. 2018. T. 212. Pp. 130–149.
11. Prasad R., Deo R. C., Li Y., Maraseni T. Soil moisture forecasting by a hybrid machine learning technique: ELM integrated with ensemble empirical mode decomposition // Geoderma. 2018. T. 330. Pp. 136–161.
12. Pantazi X. E., Moshou D., Oberti R., West J., Mouazen A. M., Bochtis D. Detection of biotic and abiotic stresses in crops by using hierarchical self organizing classifiers // Precision Agriculture. 2017. No. 18. Pp. 383–393.
13. Sengupta S., Lee W. S. Identification and determination of the number of immature green citrus fruit in a canopy under different ambient light conditions // Biosystems Engineering. 2015. No. 117. Pp. 51–61.

Authors' information:
Egor A. Skvortsov[1], candidate of economic sciences, associate professor
Vladimir I. Nabokov[2], doctor of economics, professor, *nv1472@yandex.ru*
Konstantin V. Nekrasov[3], candidate of economic sciences, associate professor
Ekaterina G. Skvortsova[2], teacher
Mikhail I. Krotov[2], candidate of economic sciences, associate professor
[1]Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[2]Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
[3]Ural State University of the Railway Transport, Ekaterinburg, Russia