

11. Kemp S. Digital 2022: Global Overview Report. *DataReportal*. Jan. 26, 2022. URL: <https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report> (accessed: 02.02.2023).
12. Jeschke S., Brecher Ch., Meisen T. et al. Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems. *Industrial Internet of Things. Cybermanufacturing Systems*. S. Jeschke, Ch. Brecher, H. Song, D. B. Rawat (Eds.). Springer Cham, 2017:3—19.
13. Council for Science, Technology and Innovation Cabinet Office, Government of Japan. Report on The 5th Science and Technology Basic Plan. Dec. 18, 2015. III, 18 p. URL: https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan_en.pdf (accessed: 02.02.2023).
14. Vil'ken V. V. Management of regional development in a digital economy. Diss. of the Cand. of Economics. Saint Petersburg, 2019. 242 p. (In Russ.)
15. Archakova S. Yu. Management of the innovation environment in the digital economy. Diss. of the Cand. of Economics. Voronezh, 2019. 185 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 09.04.2023; одобрена после рецензирования 14.04.2023; принята к публикации 17.04.2023.
The article was submitted 09.04.2023; approved after reviewing 14.04.2023; accepted for publication 17.04.2023.

Научная статья

УДК 338.43

DOI: 10.25683/VOLBI.2023.63.651

Nina Ivanovna Litvina

Candidate of Economics,
Associate Professor of the Department of Economics and Finance,
Russian State Agrarian Correspondence University
Balashikha, Russian Federation
nil-04@mail.ru

Maksim Vadimovich Cherkashov

Postgraduate of the Department of Economics and Finance,
Russian State Agrarian Correspondence University
Balashikha, Russian Federation
kaskad-712@mail.ru

Nadezhda Valerievna Savichkina

Candidate of Economics,
Head of the Tax Revenue Analysis Sector,
Administration of the city district of Balashikha
Balashikha, Russian Federation
nv193@mail.ru

Нина Ивановна Литвина

канд. экон. наук,
доцент кафедры экономики и финансов,
Российский государственный аграрный заочный университет
Балашиха, Российская Федерация
nil-04@mail.ru

Максим Вадимович Черкашов

аспирант кафедры экономики и финансов,
Российский государственный аграрный заочный университет
Балашиха, Российская Федерация
kaskad-712@mail.ru

Надежда Валерьевна Савичкина

канд. экон. наук,
начальник сектора анализа налоговых поступлений,
Администрация Городского округа Балашиха
Балашиха, Российская Федерация
nv193@mail.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика

Аннотация. В статье рассмотрены преимущества цифровизации и направления реализации цифровых решений в сельском хозяйстве. Отмечено, что цифровизация сельского хозяйства является ключевым инструментом для оптимизации использования ресурсов, увеличения производительности и снижения затрат. Интеграция таких технологий, как интернет вещей, большие данные и аналитика, интеграция систем, облачные вычисления, автономные роботизированные системы, искусственный интеллект, беспроводные сенсорные сети, порождает следующее поколение промышленного сельского хозяйства, называемое сельское хозяйство 4.0 и известное как умное сельское хозяйство, умное земледелие или цифровое земледелие. Умное сельское хозяйство предоставляет фермерам разнообразный набор инструментов для решения проблем, связанных с производством продуктов питания, производительностью труда, влиянием на окружающую среду, продовольственной безопасностью страны, а также с устойчивостью от потери урожая. Подчеркивается, что интеграция интернета вещей в сельское хозяйство предназначена для обеспечения

фермеров инструментами принятия решений и технологиями автоматизации, тогда как облачные системы имеют потенциал решить проблемы, связанные с увеличением потребности в пище, экологическим загрязнением, вызванным чрезмерным использованием пестицидов и удобрений в растениеводстве, а также с безопасностью аграрной продукции. Перспективным является внедрение сельскохозяйственных роботов, которые используют комбинацию новейших технологий, таких как компьютерное зрение, беспроводные датчики, системы спутниковой навигации, искусственный интеллект, облачные вычисления и интернет вещей, что позволяет фермерам улучшать производительность и качество сельскохозяйственной продукции. Указывается, что технологии искусственного интеллекта являются одним из ключевых факторов цифровизации сельского хозяйства.

Ключевые слова: цифровизация, сельское хозяйство, цифровые технологии, цифровая трансформация, эффективность производства, интернет вещей, большие данные, облачные вычисления, роботизированные системы, искусственный интеллект

Для цитирования: Литвина Н. И., Черкашов М. В., Савичкина Н. В. Цифровизация сельского хозяйства // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 2(63). С. 174—180. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.63.651.

Original article

DIGITALIZATION OF AGRICULTURE

5.2.3 — Regional and sectoral economy

Abstract. The article discusses the benefits of digitalization and directions for the implementation of digital solutions in agriculture. It is noted that the digitalization of agriculture is a key tool for optimizing the use of resources, increasing productivity and reducing costs. The integration of technologies such as the Internet of things, big data and analytics, systems integration, cloud computing, autonomous robotic systems, artificial intelligence, wireless sensor networks is giving rise to the next generation of industrial agriculture, called agriculture 4.0 and known as smart agriculture, smart farming or digital agriculture. Smart farming provides farmers with a diverse set of tools to address issues related to food production, labor productivity, environmental impact, country food security and crop resilience. It is emphasized that the integration of the Internet of things in agriculture is intended to provide farmers with de-

cision-making tools and automation technologies, while cloud systems have the potential to solve problems associated with an increase in the need for food, environmental pollution caused by the excessive use of pesticides and fertilizers in crop production, as well as with the safety of agricultural products. Promising is the introduction of agricultural robots that use a combination of the latest technologies such as computer vision, wireless sensors, satellite navigation systems, artificial intelligence, cloud computing and the Internet of things, which allows farmers to increase the productivity and improve the quality of agricultural goods. It is indicated that artificial intelligence technologies are one of the key factors in the digitalization of agriculture.

Keywords: digitalization, agriculture, digital technologies, digital transformation, production efficiency, Internet of things, big data, cloud computing, robotic systems, artificial intelligence

For citation: Litvina N. I., Cherkashov M. V., Savichkina N. V. Digitalization of agriculture. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2023;2(63):174—180. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.63.651.

Введение

Актуальность темы исследования. Сельское хозяйство играет важную стратегическую роль в обеспечении продовольственной безопасности и считается одной из ключевых отраслей экономики. Однако, в связи с увеличением числа жителей на планете, возрастают потребности в сельскохозяйственной продукции, что требует перехода от традиционных методов хозяйствования к интеллектуальным, также известным как сельское хозяйство 4.0.

Изученность проблемы. Вопросы цифровизации сельского хозяйства как процесса применения новых информационных технологий в различных аспектах сельскохозяйственного производства, включая управление ресурсами, мониторинг состояния почвы, управление урожаем, исследуются в трудах таких ученых, как М. А. Аверьянов, А. И. Беленков, В. В. Бутырин, В. В. Годин, Р. В. Костенко, В. И. Меденников, С. Б. Огневцев, В. С. Осипов, И. С. Санду, Е.А. Скворцов и др.

Целесообразность разработки темы обусловлена актуальностью и значимостью цифровизации сельского хозяйства, которая позволяет автоматизировать процессы, снизить затраты на производство, повысить производительность и качество продукции. Использование цифровых технологий может привести к существенному увеличению эффективности и сокращению издержек в сельском хозяйстве, а также улучшить контроль за качеством продукции, снизить экологический ущерб, улучшить условия труда и уменьшить риски потерь урожая.

Научная новизна заключается в обобщении научных и практических знаний в сфере цифровизации сельского хозяйства, а также в выявлении основных преимуществ применения современных цифровых технологий в аграрном производстве.

Цель исследования – изучение и выявление особенностей цифровых технологий в сельском хозяйстве.

Задачи исследования:

– изучить особенности цифровизации сельского хозяйства;

– проанализировать виды цифровых технологий, применяемых в сельском хозяйстве;

– выявить преимущества внедрения цифровых технологий в сельскохозяйственное производство.

Теоретическая значимость исследования заключается в обобщении и систематизации основных цифровых технологий, используемых в сельском хозяйстве, а практическая значимость состоит в возможности применения результатов проведенного исследования хозяйствующими субъектами с целью повышения эффективности производственной деятельности.

Основная часть

Интеграция таких технологий, как интернет вещей (*IoT*), большие данные и аналитика (*BDA*), интеграция систем (*SI*), облачные вычисления (*CC*), симуляция, автономные роботизированные системы (*ARS*), дополненная реальность (*AR*), искусственный интеллект (*AI*), беспроводные сенсорные сети (*WSN*), киберфизические системы (*CPS*), цифровые двойники (*DT*) и аддитивное производство (*AM*), порождает следующее поколение промышленного сельского хозяйства, называемое сельское хозяйство 4.0 и также известное как умное сельское хозяйство, умное земледелие или цифровое земледелие [1].

Умное сельское хозяйство предоставляет фермерам разнообразный набор инструментов для решения проблем, связанных с производством продуктов питания, производительностью ферм, влиянием на окружающую среду, продовольственной безопасностью, а также с устойчивостью от потери урожая. Например, с системами с поддержкой *IoT*, состоящими из *WSN*, фермеры могут удаленно подключаться к фермам для мониторинга и контроля их работы независимо от места и времени. Дроны, оснащенные гиперспектральными камерами, могут использоваться для сбора данных с сельскохозяйственных угодий и автономных роботов для поддержки или выполнения повторяющихся

задач на фермах. Собранные данные могут применяться фермерами через приложения для анализа и помощи в принятии решений.

За счет использования современных систем можно отслеживать и анализировать широкий спектр параметров, связанных с факторами окружающей среды, борьбой с сорняками, состоянием урожая, управлением водными ресурсами, состоянием почвы, графиком орошения, гербицидами и пестицидами с целью повышения урожайности, минимизации затрат, повышения качества продукции [2].

Методология. Источниками информации послужили научные материалы отечественных и зарубежных ученых, статистические данные Росстата. В рамках исследования использовались методы системного анализа, аналитический, сравнительный методы.

Результаты. Анализ статистических данных свидетельствует, что в России цифровизация сельского хозяйства еще находится на достаточно низком уровне. Большинство сельскохозяйственных товаропроизводителей испытывает недостаток свободных финансовых средств и нехватку квалифицированных специалистов, что выступает основным фактором, сдерживающим использование цифровых технологий. По итогам 2021 г., технологические инновации осуществляли только 10,4 % организаций, занимающихся выращиванием однолетних культур, и 9,3 % организаций, занимающихся животноводством (табл. 1).

В современных условиях внедрение передовых достижений науки и техники в производственный процесс, как правило, осуществляют крупные сельскохозяйственные организации, агропромышленные формирования и интегрированные структуры. Например, в группе компаний «Агро-Белогорье» применяется цифровой учет воды, что позволяет более чем на 10 % сократить расход воды и оптимизировать количество стоков, применяется электронный учет комбикормов, внедряются системы видеонаблюдения за животными на основе машинного зрения и искусственного интеллекта. В группе «Черкизово» в нескольких сотнях птичников используется система датчиков для оперативного контроля и анализа климатических параметров (температура и влажность). Предприятия группы «ЭкоНива-АПК Холдинг» используют системы автовождения, датчики урожайности, системы синхронизации комбайна с трактором и др., что в совокупности обуславливает повышение экономической эффективности их деятельности [3].

Потенциал для использования цифровых решений имеют не только крупные агрохолдинги, но также средние и малые аграрные предприятия. По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, внедрение сельскохозяйственными товаропроизводителями России цифровых решений для агротехнических и логистических процессов позволит снизить себестоимость продовольствия в отдельных подотраслях на 15 % и более. За счет внедрения технологий точного земледелия можно обеспечить рост урожайности до 70 %, использование беспилотных летательных аппаратов для посадки семян позволяет сократить затраты на данный процесс до 85 %, роботизация производства способна привести к снижению затрат до 40 % [4].

Обобщение научных трудов ученых позволило систематизировать основные цифровые технологии, используемые в сельском хозяйстве, выявить их особенности и преимущества.

Таблица 1

Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций России по видам экономической деятельности, %

Вид экономической деятельности	2017	2018	2019	2020	2021	Изменение, 2021 к 2017
Выращивание однолетних культур	6,2	5,2	7,5	10,2	10,4	4,2
Выращивание многолетних культур	6,9	2,2	4,7	8,7	5,1	-1,8
Животноводство	4,4	4,7	5,3	9,5	9,3	4,9

Примечание: составлено авторами по данным официального сайта Федеральной службы государственной статистики (<https://rosstat.gov.ru/>).

В 2021 г. среди федеральных округов наибольшая доля организаций, осуществляющих технологические инновации в сфере выращивания однолетних культур и животноводства, представлена в Южном федеральном округе – 17,6 и 14,6 %, Сибирском федеральном округе – 17,9 и 7,6 % и Приволжском федеральном округе – 12,1 и 12,6 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций России по федеральным округам и видам экономической деятельности в 2021 г., %

Территория	Выращивание однолетних культур	Животноводство
Российская Федерация	10,4	9,3
Центральный федеральный округ	5,9	9,9
Северо-Западный федеральный округ	5,0	6,5
Южный федеральный округ	17,6	14,6
Северо-Кавказский федеральный округ	1,7	1,1
Приволжский федеральный округ	12,1	12,6
Уральский федеральный округ	9,1	6,7
Сибирский федеральный округ	17,9	7,6
Дальневосточный федеральный округ	8,6	7,7

Примечание: составлено авторами по данным официального сайта Федеральной службы государственной статистики (<https://rosstat.gov.ru/>).

Аграрные системы, управляемые интернетом вещей. Интернет вещей (*IoT*) относится к вселенной взаимосвязанных вычислительных устройств, датчиков, машин, подключенных к Интернету, каждое из которых имеет уникальную идентификацию и возможности для удаленного сбора данных и мониторинга [5]. В аграрной отрасли *IoT*-устройства собирают данные, связанные с параметрами окружающей среды, такие как температура, влажность, уровень *pH*,

уровень воды и т. д. Передача этих данных происходит на сетевом уровне, проектирование которого зависит от выбора подходящих технологий связи, соответствующих размеру поля, местоположению фермы и типу метода возделывания.

Всё более часто применяются в сельскохозяйственных системах для отслеживания сельскохозяйственной продукции технологии *RFID* (идентификация по радиочастоте) и *NFC* (ближнеполюсная связь) [6]. *GPRS* или технология мобильной связи (*2G*, *3G* и *4G*) используются для периодического мониторинга параметров окружающей среды и почвы. Для хранения данных применяются техники облачных вычислений в сервисном слое. Затем эти данные используются в слое приложений для создания интеллектуальных приложений, используемых фермерами, экспертами по сельскому хозяйству и специалистами по снабжению для повышения качества мониторинга и эффективности функционирования фермы.

Интеграция *IoT* в сельское хозяйство предназначена для обеспечения фермеров инструментами принятия решений и технологиями автоматизации, которые позволяют бесшовно интегрировать знания, продукты и услуги для достижения высокой производительности, качества и прибыли.

Беспроводные сети датчиков в сельском хозяйстве. Беспроводная сеть датчиков (*WSN*) рассматривается как технология, используемая в системах интернета вещей (*IoT*). *WSN* для умного сельского хозяйства состоит из множества узлов датчиков, соединенных через модуль беспроводного подключения. Существуют различные типы *WSN*, категоризируемые в зависимости от среды, в которой они развернуты. Среди них беспроводные сети датчиков (*TWSN*), беспроводные подземные сети датчиков (*WUSN*), подводные беспроводные сети датчиков (*UWSN*), беспроводные мультимедийные сети датчиков (*MWSNs*) и мобильные беспроводные сети датчиков (*MWSNs*) [7].

В сельскохозяйственных приложениях широко используются *TWSN* и *UWSN*. В *TWSN* узлы размещаются над поверхностью земли и состоят из датчиков для сбора окружающих данных. Второй вариант беспроводных сенсорных сетей – подземная версия *WSN*, или *WUSN*, где сенсорные узлы размещаются внутри почвы. В этом случае низкие частоты легко проникают сквозь почву, тогда как высокие частоты подвергаются сильному затуханию [8]. Поэтому для охвата большой площади сети требуется большее количество узлов из-за ограниченного радиуса связи.

Облачные вычисления в сельском хозяйстве. Облачные системы определяются как модель, обеспечивающая всеобщий удобный и мгновенный доступ к общему пулу настраиваемых вычислительных ресурсов (например, сетей, серверов, хранилищ, приложений и сервисов) [9]. Основная архитектура облачных вычислений состоит из четырех уровней: центр обработки данных (аппаратное обеспечение), инфраструктура, платформа и приложение [10]. Облачные вычисления привлекают большое внимание в сельском хозяйстве в последнее десятилетие, потому что они обеспечивают: 1) недорогие услуги хранения данных, собранных из разных областей через *WSN* и другие настроенные устройства *IoT*, 2) системы масштабирования для выполнения интеллектуального принятия решений путем преобразования этих исходных данных в полезные знания и 3) безопасную платформу для разработки приложений *IoT* в сельском хозяйстве [11]. В сочетании с *IoT* и *WSN*, облачная система используется для разработки различных приложений в сельском хозяйстве. Технология облачных

систем также используется для создания систем управления фермами (*FMS*), которые обеспечивают эффективный мониторинг фермерских операций.

Облачные системы в сельском хозяйстве имеют потенциал решить проблемы, связанные с увеличением потребности в пище, экологическим загрязнением, вызванным чрезмерным использованием пестицидов и удобрений, а также с безопасностью аграрной продукции. Однако эти системы не обладают возможностью поддержки настройки в режиме реального времени в соответствии с отдельными требованиями фермеров. Кроме того, поскольку большинство данных о фермерских работах обычно фрагментировано и разбросано, в текущих приложениях систем управления фермами трудно правильно записывать данные о фермерской деятельности [12].

Компьютерные сети «*Edge/fog computing*» в сельском хозяйстве. Бурное развитие интернета вещей привело к взрывному росту датчиков и умных устройств, генерирующих большой объем данных. Обработка и анализ такого огромного объема данных в режиме реального времени сложны, потому что это увеличивает нагрузку на облачный сервер и снижает скорость ответа. Простое использование облачного сервера не способно обеспечить реакцию в реальном времени при обработке такого большого набора данных. Кроме того, приложения *IoT* чувствительны к задержкам в сети, поскольку они требуют постоянного обмена информацией между устройствами и облаком, что делает использование облачных вычислений невозможным для обработки таких приложений [13].

Edge- и *fog-*вычисления – это два связанных понятия, которые относятся к практике обработки данных на месте или рядом с источником данных, а не к передаче данных в централизованное место для обработки.

Как *edge-*, так и *fog-*вычисления могут быть использованы для повышения производительности и эффективности различных приложений, таких как устройства интернета вещей (*IoT*), потоковая передача видео и автономные транспортные средства, путем уменьшения задержки, сохранения пропускной способности сети и обеспечения анализа данных в режиме реального времени.

Автономные роботизированные системы в сельском хозяйстве. Автономные роботизированные системы (*ARS*) – это интеллектуальные машины, способные выполнять задачи, принимать решения и действовать в режиме реального времени с высокой степенью автономности (без внешнего влияния или явного вмешательства человека) [14]. Интерес к сельскохозяйственным автономным роботизированным системам (далее – *CAPC*) значительно вырос в последние годы благодаря их способности автоматизировать некоторые практики на открытых и закрытых фермах, включая посев, орошение, удобрение, опрыскивание, мониторинг растений, мониторинг окружающей среды, обнаружение болезней, борьбу с сорняками и вредителями, а также сбор урожая [15]. Сельскохозяйственные роботы используют комбинацию новейших технологий, таких как компьютерное зрение, беспроводные датчики, системы спутниковой навигации (*GPS*), искусственный интеллект (*AI*), облачные вычисления и интернет вещей (*IoT*), что позволяет фермерам улучшать производительность и качество сельскохозяйственной продукции. В умном сельском хозяйстве *CAPC* могут быть передвижными, т. е. перемещаться по рабочему полю, или стационарными [16]. Передвижные *CAPC* дополнительно классифицируются на беспилотные наземные транспортные средства и беспилотные летательные аппараты.

Беспилотные наземные транспортные средства в сельском хозяйстве – это сельскохозяйственные роботы, которые работают на земле без участия человека-оператора. Основными компонентами автономных роботизированных систем (ARS) обычно являются платформа для локомотивного аппарата и манипулятора, сенсоры для навигации, надзорная система управления, интерфейс для системы управления, каналы связи для обмена информацией между устройствами и архитектура системы для интеграции аппаратного и программного обеспечения. Архитектура управления UGV может быть удаленно управляемой (управляемой оператором-человеком через интерфейс) или полностью автономной (на основе технологий искусственного интеллекта без необходимости контроля человеком) [17].

Беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА), или воздушные роботы, – это самолеты без человеческого пилота на борту. Существует широкий спектр БПЛА, выделяемых в зависимости от типа технологии полета (структуры крыла) и уровня автономности [17]. Например, по типу крыла БПЛА могут быть с фиксированным крылом (самолеты), с одним ротором (вертолеты), гибридные системы (вертикальный взлет и посадка) и мультироторные (дроны). Среди них дроны (технология мультироторов), которые поднимаются и движутся за счет четырех (квадрокоптеры) или шести (гексакоптеры) роторов, стали всё более популярны в сельском хозяйстве благодаря своей механической простоте по сравнению с вертолетами, которые требуют гораздо более сложного механизма управления положением лопастей [18]. В зависимости от уровня автономности БПЛА могут быть телекомандируемыми, в которых пилот обеспечивает справочную информацию каждому исполнительному механизму самолета, чтобы управлять им так же, как бы это делал пилот на борту, и телекомандованными, в которых самолет полагается на автоматический контроллер на борту, ответственный за поддержание стабильного полета [19]. Оборудованные соответствующими датчиками (видеокамерами, инфракрасными, мультиспектральными и гиперспектральными камерами и т. д.) сельскохозяйственные БПЛА позволяют фермерам получать данные о растительности, площади зарастания с целью изучения динамических изменений в культурах.

Эти данные позволяют фермерам делать выводы относительно заболеваний растений, дефицита питательных веществ, уровня воды и других параметров роста растений. Имея такую информацию, фермеры могут планировать возможные методы борьбы с проблемами (полив, удобрение, борьба с сорняками и т. д.).

Искусственный интеллект в сельском хозяйстве. Искусственный интеллект (AI) включает в себя разработку тео-

рии и компьютерных систем, способных выполнять задачи, требующие человеческого интеллекта, такие как восприятие сенсорной информации и принятие решений [19]. В сочетании с облачными вычислениями, интернетом вещей и большими данными, искусственный интеллект, особенно в аспекте машинного обучения и глубокого обучения, считается одним из ключевых факторов цифровизации сельского хозяйства. Эти технологии имеют потенциал улучшения производства сельскохозяйственных культур и улучшения мониторинга в режиме реального времени, сбора урожая, обработки и маркетинга [20].

Машинное обучение в сельском хозяйстве. Техники и алгоритмы машинного обучения применяются в сельском хозяйстве для прогнозирования урожая, обнаружения болезней и сорняков, прогнозирования погоды (осадки), оценки свойств почвы (тип, содержание влаги, pH, температура и т. д.), управления водой, определения оптимального количества удобрений и производства и управления скотом [21].

Глубокое обучение в сельском хозяйстве. Глубокое обучение (DL) представляет собой расширение классического машинного обучения, которое может эффективно и быстро решать сложные задачи (прогнозирование и классификация), потому что в модель добавляется больше «глубины» (сложности). Основным преимуществом DL является обучение признакам, которое включает автоматическое извлечение признаков (высокоуровневая информация) из больших наборов данных [22]. В сельском хозяйстве алгоритмы DL в основном используются для решения проблем, связанных с приложениями компьютерного зрения, которые нацелены на прогнозирование ключевых параметров, таких как урожайность, содержание влаги в почве, погодные условия и условия роста культур; обнаружение болезней, вредителей и сорняков; идентификация видов листьев или растений [23]. Компьютерное зрение – это междисциплинарная область, которая за последние годы получила огромную популярность. Оно предлагает методы и техники, которые позволяют точно обрабатывать цифровые изображения, интерпретировать и понимать визуальный мир с помощью компьютеров [24].

Заключение

Цифровизация сельского хозяйства имеет огромный потенциал для улучшения эффективности и устойчивости производства, снижения издержек, улучшения качества продукции и повышения уровня жизни сельских жителей. Внедрение цифровых технологий в сельское хозяйство также может сыграть ключевую роль в достижении таких целей человечества как уменьшение неравенства, борьба с голодом и обеспечение экологической устойчивости.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Aceto G., Persico V., Pescaré A. A Survey on Information and Communication Technologies for Industry 4.0: State-of-the-Art, Taxonomies, Perspectives, and Challenges // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2019. Vol. 21. Iss. 4. Pp. 3467–3501. DOI: 10.1109/COMST.2019.2938259.
2. Ozdogan B., Gacar A., Aktas H. Digital agriculture practices in the context of agriculture 4.0 // Journal of Economics, Finance and Accounting. 2017. Vol. 4. Iss. 2. Pp. 184–191. DOI: 10.17261/Pressacademia.2017.448.
3. Кулистикова Т. Цифровизация как неизбежность. Какие digital-решения использует агросектор // Агроинвестор. 4 окт. 2021. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/36772-tsifrovizatsiya-kak-neizbezhnost-kakie-digital-resheniya-ispolzuet-agrosektor> (дата обращения: 25.03.2023).
4. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты : доклад к XXII Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апреля 2021 г. / рук. авт. кол. П. Б. Рудник. М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 239 с.

5. Pylianidis C., Osinga S., Athanasiadis I. N. Introducing digital twins to agriculture // *Computers Electronics in Agriculture*. 2021. Vol. 184. Art. 105942. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105942.
6. Tzounis A., Katsoulas N., Bartzanas T., Kittas C. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges // *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 164. Pp. 31—48. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007.
7. A Review Study of Wireless Sensor Networks and Its Security / M. U. Aftab, O. Ashraf, M. Irfan et al. // *Communications and Network*. 2015. Vol. 7. Iss. 4. Pp. 172—179. DOI: 10.4236/cn.2015.74016.
8. Yu X., Wu P., Han W., Zhang Z. A survey on wireless sensor network infrastructure for agriculture // *Computer Standards & Interfaces*. 2013. Vol. 35. Iss. 1. Pp. 59—64. DOI: 10.1016/j.csi.2012.05.001.
9. Swanson M., Guttman B. Generally Accepted Principles and Practices for Securing Information Technology Systems : NIST Special Publication 800-14. NIST, September 1996. 56 p. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-14.
10. Alwadan T. Cloud computing and multi-agent system: Monitoring and services // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2018. Vol. 96. Iss. 9. Pp. 2435—2444.
11. State-of-the-art internet of things in protected agriculture / X. Shi, X. An, Q. Zhao et al. // *Sensors*. 2019. Vol. 19. Iss. 8. Art. 1833. DOI: 10.3390/s19081833.
12. Farm management information systems: Current situation and future perspectives / S. Fountas, G. Carli, C. G. Sorensen et al. // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015. Vol. 115. Pp. 40—50. DOI: 10.1016/j.compag.2015.05.011.
13. Edge Computing: Vision and Challenges / W. Shi, J. Cao, Q. Zhang et al. // *IEEE Internet of Things Journal*. 2016. Vol. 3. Iss. 5. Pp. 637—646. DOI: 10.1109/JIOT.2016.2579198.
14. Rahmadian R., Widyartono M. Autonomous Robotic in Agriculture: A Review // *Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*. 2020. DOI: 10.1109/ICVEE50212.2020.9243253.
15. Bechar A., Vigneault C. Agricultural robots for field operations: Concepts and components // *Biosystems Engineering*. 2016. Vol. 149. Pp. 94—111.
16. Unmanned Ground Vehicles for Smart Farms / P. Gonzalez-De-Santos, R. Fernández, D. Sepúlveda // *Agronomy — Climate Change & Food Security* / Ed. by Dr. Amanullah. IntechOpen, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.78102.
17. del Cerro J., Cruz Ulloa C., Barrientos A. de León Rivas J. Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Survey // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Iss. 2. Art. 203. DOI: 10.3390/agronomy11020203.
18. Patel P. N., Patel M., Faldu R. M., Dave Y. R. Quadcopter for Agricultural Surveillance // *Advance in Electronic and Electric Engineering*. 2013. Vol. 3. Iss. 4. Pp. 427—432.
19. A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance / R. Sharma, S. S. Kamble, A. Gunasekaran et al. // *Computers & Operations Research*. 2020. Vol. 119. Art. 104926. DOI: 10.1016/j.cor.2020.104926.
20. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimization of irrigation and application of pesticides and herbicides / T. Talaviya, D. Shah, N. Patel et al. // *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2020. Vol. 4. Pp. 58—73. DOI: 10.1016/j.aiaa.2020.04.002.
21. Machine Learning in Agriculture: A Review / K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou et al. // *Sensors*. 2018. Vol. 18. Iss. 8. Art. 2674. DOI: 10.3390/s18082674.
22. Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview // *Neural Networks*. 2014. Vol. 61. Pp. 85—117.
23. Kamilaris A., Prenafeta-Boldu F. X. Deep learning in agriculture: A survey // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Vol. 147. Pp. 70—90. DOI: 10.1016/j.compag.2018.02.016.
24. A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry / V. Kakani, V. H. Nguyen, B. P. Kumar et al // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020. Vol. 2. Art. 100033. DOI: 10.1016/j.jafr.2020.100033.

REFERENCES

1. Aceto G., Persico V., Pescapé A. A Survey on Information and Communication Technologies for Industry 4.0: State-of-the-Art, Taxonomies, Perspectives, and Challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2019;21(4):3467—3501. DOI: 10.1109/COMST.2019.2938259.
2. Ozdogan B., Gacar A., Aktas H. Digital agriculture practices in the context of agriculture 4.0. *Journal of Economics, Finance and Accounting*. 2017;4(2):184—191. DOI: 10.17261/Pressacademia.2017.448.
3. Kulistikova T. Digitalization as inevitability. What digital solutions the agricultural sector uses. *Agroinvestor*. October 4, 2021. (In Russ.) URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/36772-tsfrovizatsiya-kak-neizbezhnost-kakie-digital-resheniya-ispolzuet-agrosektor> (accessed: 25.03.2023).
4. Digital transformation of industries: starting conditions and priorities. Report to the XXII April International Scientific Conference on the Development of the Economy and Society, Moscow, April 13-30, 2021. P. B. Rudnik (ed.). Moscow, HSE Publ., 2021. 239 p. (In Russ.)
5. Pylianidis C., Osinga S., Athanasiadis I. N. Introducing digital twins to agriculture. *Computers Electronics in Agriculture*. 2021;184:105942. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105942.
6. Tzounis A., Katsoulas N., Bartzanas T., Kittas C. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*. 2017;164:31—48. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007.
7. Aftab M. U., Ashraf O., Irfan M. et al. A Review Study of Wireless Sensor Networks and Its Security. *Communications and Network*. 2015;7(4):172—179. DOI: 10.4236/cn.2015.74016.
8. Yu X., Wu P., Han W., Zhang Z. A survey on wireless sensor network infrastructure for agriculture. *Computer Standards & Interfaces*. 2013;35(1):59—64. DOI: 10.1016/j.csi.2012.05.001.
9. Swanson M., Guttman B. Generally Accepted Principles and Practices for Securing Information Technology Systems. NIST Special Publication 800-14. NIST, September 1996. 56 p. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-14.

10. Alwadan T. Cloud computing and multi-agent system: Monitoring and services. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2018;96(9):2435—2444.
11. Shi X., An X., Zhao Q. et al. State-of-the-art internet of things in protected agriculture. *Sensors*. 2019;19(8):1833. DOI: 10.3390/s19081833.
12. Fountas S., Carli G., Sorensen C. G. et al. Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015;115:40—50. DOI: 10.1016/j.compag.2015.05.011.
13. Shi W., Cao J., Zhang Q. et al. Edge Computing: Vision and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. 2016;3(5):637—646. DOI: 10.1109/JIOT.2016.2579198.
14. Rahmadian R., Widartono M. Autonomous Robotic in Agriculture: A Review. *Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*. 2020. DOI: 10.1109/ICVEE50212.2020.9243253.
15. Bechar A., Vigneault C. Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*. 2016;149:94—111.
16. Gonzalez-De-Santos P., Fernández R., Sepúlveda D. et al. Unmanned Ground Vehicles for Smart Farms. *Agronomy Climate Change & Food Security*. Dr. Amanullah (ed.). IntechOpen, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.78102.
17. del Cerro J., Cruz Ulloa C., Barrientos A. de León Rivas J. Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Survey. *Agronomy*. 2021;11(2):203. DOI: 10.3390/agronomy11020203.
18. Patel P. N., Patel M., Faldu R. M., Dave Y. R. Quadcopter for Agricultural Surveillance. *Advance in Electronic and Electric Engineering*, 2013;3(4):427—432.
19. Sharma R., Kamble S. S., Gunasekaran A. et al. A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance. *Computers & Operations Research*. 2020;119:104926. DOI: 10.1016/j.cor.2020.104926.
20. Talaviya T., Shah D., Patel N. et al. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimization of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2020;4:58—73. DOI: 10.1016/j.aiaa.2020.04.002.
21. Liakos K. G., Busato P., Moshou D. et al. Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors*, 2018;18(8):2674. DOI: 10.3390/s18082674.
22. Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview. *Neural Networks*, 2014;61:85—117.
23. Kamilaris A., Prenafeta-Boldu F. X. Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018;147:70—90. DOI: 10.1016/j.compag.2018.02.016.
24. Kakani V., Nguyen V. H., Kumar B. P. et al. A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020;2:100033. DOI: 10.1016/j.jafr.2020.100033.

Статья поступила в редакцию 27.03.2023; одобрена после рецензирования 14.04.2023; принята к публикации 17.04.2023.
The article was submitted 27.03.2023; approved after reviewing 14.04.2023; accepted for publication 17.04.2023.

Научная статья

УДК 338.2

DOI: 10.25683/VOLBI.2023.63.669

Natalia Evgenievna Buletova

Doctor of Economics,
Professor of the Department of State Regulation of the Economy,
Russian Presidential Academy of National Economy and Public
Administration
Moscow, Russian Federation
buletova-ne@ranepa.ru

Наталья Евгеньевна Булетова

д-р экон. наук,
профессор кафедры государственного регулирования экономики,
Российская академия народного хозяйства и государственной
службы при Президенте РФ
Москва, Российская Федерация
buletova-ne@ranepa.ru

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ АГРАРНЫХ РЕГИОНОВ В ПАНДЕМИЙНЫЙ ПЕРИОД: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика

Аннотация. Государственная политика по регулированию сельскохозяйственной деятельности для обеспечения национальной безопасности и эффективности использования ресурсов включает в себя комплекс мер и методов как по поддержке сельскохозяйственных производителей, так и по регулированию экспорта-импорта, ценообразования для конечных потребителей. Баланс между поддержкой и ограничениями требует комплексного подхода к оценке результатов воздействия с учетом факторов внешней среды, в том числе углеродного ценообразования, санкций и природно-климатических условий земледелия и животноводства.

На основе модели IS-LM дана оценка обеспеченности национальной экономики инвестиционными ресурсами и денежной массой. По итогам структурного анализа представлена дифференциация аграрных регионов страны с детализацией особенностей структуры экономики на примере Тамбовской области и Республики Калмыкия; по итогам АВС-анализа представлено распределение субъектов Российской Федерации по величине ВРП с учетом масштабов региональных экономик и вклада в суммарный ВРП; дана характеристика содержания методов и результатов управления инфляцией на рынке продовольственных товаров России в условиях