

А.А. Шутков, А.Н. Анищенко¹

Будущее искусственного интеллекта, нейросетей и цифровых технологий в АПК

Аннотация

Цели. На основе анализа зарубежного опыта, определения основных проблем внедрения технологий искусственного интеллекта, нейросетей и цифровых технологий в АПК рассмотреть возможности их использования для развития в будущем, а также предложить пути решения выявленных проблем.

Методология. Методическую основу проведенного исследования составили фундаментальные труды отечественных ученых-экономистов по развитию инновационной деятельности и цифровых технологий в АПК; использовались общенаучные методы исследования (абстрактно-логический, экономико-статистический и др.), а также открытые аналитические материалы развития цифровых технологий, использования искусственного интеллекта и нейросетей в агропромышленном комплексе.

Результаты исследования. В статье выявлено, что основными сферами применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве выступают: рост, обусловленный внедрением искусственного интеллекта; создание инсайта на основе изображений; определение оптимальной смеси для агрономических продуктов; мониторинг состояния посевов; методы автоматизации в ирригации и стимулировании фермеров.

Как показывает мировой передовой опыт, использование интеллектуальных сельскохозяйственных приложений позволяет достичь роста в отрасли. Однако основной проблемой внедрения технологий искусственно-

¹ Шутков Анатолий Антонович, академик РАН, д.э.н., профессор, г.н.с. ИПР РАН. Адрес: Россия, 117418, Москва, Нахимовский просп., 47, e-mail: shutkov@yandex.ru

Анищенко Алеся Николаевна, к.э.н., с.н.с., зав. лабораторией стратегического развития АПК ИПР РАН. Адрес: Россия, 117418, Москва, Нахимовский просп., 47, e-mail: anishchenko-an@mail.ru

го интеллекта в сельском хозяйстве выступает высокая стоимость их внедрения. Решения должны стать более доступными, чтобы гарантировать массовое внедрение технологий искусственного интеллекта. Платформа с открытым исходным кодом сделает решения более доступными, что приведет к быстрому принятию и более высокому проникновению среди фермеров. С другой стороны, для того чтобы исследовать огромный объем данных в сельском хозяйстве, приложения должны быть более надежными. Только тогда искусственный интеллект сможет эффективно реагировать на частые изменения внешних условий, облегчать принятие решений в реальном масштабе времени и использовать соответствующие рамки/платформы для сбора контекстуальных данных.

Ключевые слова: сельское хозяйство, искусственный интеллект, агропромышленный сектор, цифровая экономика.

Статья подготовлена в рамках государственного задания ИПР РАН, тема НИР «Социально-экономическое и научно-технологическое развитие на различных уровнях управления в отраслях, комплексах и сферах деятельности национального хозяйства России».

Введение

Последние технологические достижения и модернизация GPS заставляют сельхозтоваропроизводителей и поставщиков сельскохозяйственных услуг ожидать дальнейших улучшений для повышения производительности. Наряду с текущей гражданской службой, предоставляемой GPS, страны, такие как США, планируют внедрить второй и третий гражданский сигнал на спутниках GPS. Отметим, что Северная Америка и Европа являются крупнейшими и наиболее зрелыми рынками для использования инновационных технологий в области сельского хозяйства, в то время как Азия имеет наибольший потенциал для роста.

Как прогнозируется учеными, такая реализация новых сигналов позволит повысить качество, а также эффективность сельскохозяйственных операций и тем самым повысить общую производительность труда в будущем [3].

В целом изучению данной проблематики посвящены работы М.Ж. Абдиева [1], Д.А. Альферьева [2], М.И. Кротова, В.И. Набокова, Е.А. Скворцова, Е.Г. Скворцовой [9], К.А. Чуйкина [12] и др.

Д.А. Альферьев в своей статье систематизирует научные знания о современных технологиях сельскохозяйственной отрасли, в которую

успешно внедряются технологии искусственного интеллекта: робототехника, фотосъемка и локальная фиксация индикаторов, аудио- и видеоанализ. Автор выделяет основные положительные эффекты от их внедрения и распространения [2].

В статье К.А. Чуйкина рассматриваются разновидности дронов, их особенности и то, что они могут предоставить фермерам, а также изменения с приходом дронов в сельском хозяйстве [12].

Е.А. Скворцова, В.И. Набокова, Е.Г. Скворцовой, М.И. Кротова сильным сторонам применения технологий искусственного интеллекта отнесены 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 [9].

В то же время в приведенных исследованиях недостаточно комплексно рассматриваются проблемы и перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта в агропромышленном комплексе.

Результаты исследования

Основная проблема с внедрением искусственного интеллекта и машинного обучения в сельском хозяйстве заключается не в отсутствии возможностей для разработки программ и протоколов учеными для решения проблем производителей, а в том, что в большинстве случаев нет двух абсолютно одинаковых сред, что делает тестирование, валидацию и успешное внедрение таких технологий намного более рискованным и трудоемким, чем в большинстве других отраслей промышленности [4, 6, 7]. Например, в 2011 году IBM запустила проект на основе сельскохозяйственных облачных вычислений, но позже проект был свернут. Причиной этого была непредсказуемость, связанная с каждым аспектом сельского хозяйства, такими как погода, вредители, почва и т.д.

Рынок точечного земледелия был оценен в 3180,0 млн долларов США в 2016 году, и рынок планирует CAGR 12,7 % в течение прогнозируемого периода 2018–2023 годов. За последние два десятилетия точечное земледелие успешно перешло от академической темы исследований к весьма полезной практике в области сельского хозяйства.

В настоящее время при принятии решений агропроизводитель располагает недоступными ранее источниками информации: снимки спутников и БПЛА, показания датчиков влажности, наземных метео-

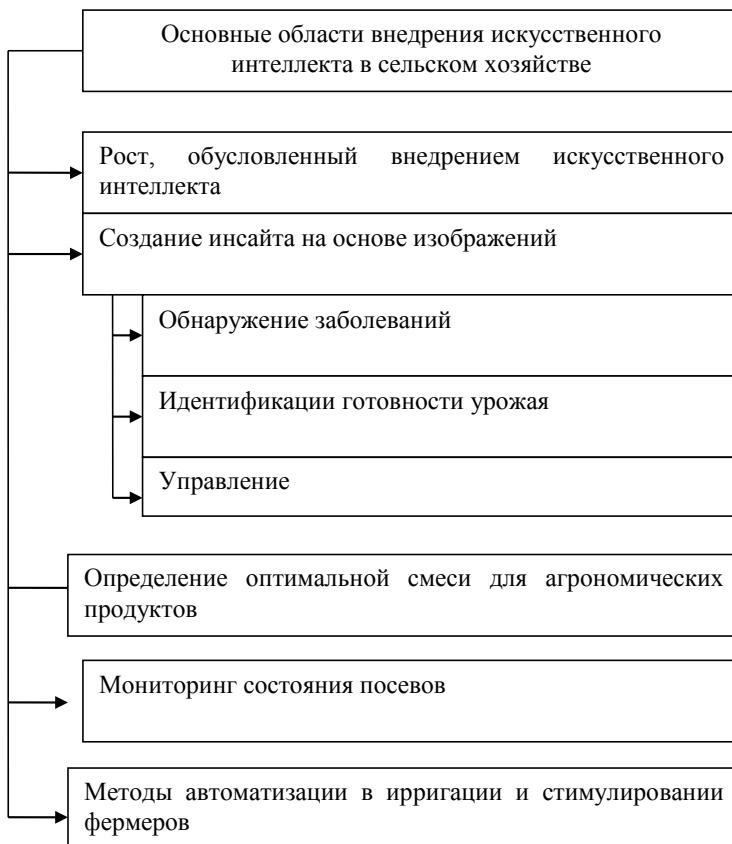


Рисунок 1. Основные области внедрения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: составлено авторами по данным источника [11, 14].

станций и т.д. При этом на рынке постоянно появляются новые системы мониторинга и контроля, которые предлагают индивидуальный, более точный анализ и прогнозирование. В 2014 году для информирования фермеров ежедневно на «умных» фермах производилось 190 тыс. замеров, а к 2050 году их количество вырастет до 4,1 млн в день [5].

Основные игроки в области искусственного интеллекта на рынке сельского хозяйства – компании Agribotix, Bayer CropScience AG, Case IH Agriculture, ClearAg Operations, Deere & Company, Farmers Edge

Inc., Granular AG, Grownetics Inc., IBM, Microsoft, Mapshots Inc., SST Software и др. [14].

В настоящее время компания Microsoft работает с 175 фермерами в штате Андхра-Прадеш, Индия, чтобы предоставить консультационные услуги по посеву, земле, удобрениям и так далее. Эта инициатива уже привела к повышению урожайности в среднем на 30 % с гектара по сравнению с 2017 годом.

На рисунке 1 приведены пять основных областей, в которых использование когнитивных решений может принести пользу сельскому хозяйству.

Рассмотрим подробнее основные области внедрения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

1. Рост, обусловленный внедрением искусственного интеллекта.

Огромные объемы данных генерируются каждый день как в структурированном, так и в неструктурированном формате. Они относятся к данным об исторической погоде, отчетам о почвах, новым исследованиям, осадкам, заражению вредителями, изображениям с дронов и камер и так далее. Бесконтактное зондирование и дистанционное зондирование – это две технологии, которые в основном используются для интеллектуального синтеза данных. Одним из вариантов использования этих данных с высоким разрешением является тестирование почвы. В то время как для дистанционного зондирования требуются датчики, встроенные в бортовые или спутниковые системы, для бесконтактного зондирования требуется датчики, находящиеся в контакте с почвой или на очень близком расстоянии. Это помогает в характеристике почвы, основанной на почве под поверхностью в определенном месте.

2. Создание инсайта на основе изображений.

Точное земледелие является одним из самых обсуждаемых направлений в сельском хозяйстве сегодня. Беспилотные изображения могут помочь в глубоком анализе поля, мониторинге урожая, сканировании полей и так далее. Технология компьютерного зрения, искусственный интеллект и данные дронов могут быть объединены для обеспечения быстрых действий фермеров. Каналы из данных изображений дронов могут генерировать оповещения в режиме реального времени для ускорения точного земледелия. Такие компании, как Aerialtronics, внедрили платформу IBM Watson IoT и API визуального распознавания в коммерческих дронах для анализа изображений в реальном времени [14].

Примерами применения данной технологии могут быть:

– обнаружение заболеваний. Предварительная обработка изображения гарантирует, что изображения листьев сегментированы на области, такие как фон, незараженная часть и больная часть. Больная часть затем обрезается и отправляется в удаленные лаборатории для дальнейшей диагностики. Это также помогает в идентификации вредителей, распознавании дефицита питательных веществ и многом другом;

– идентификации готовности урожая. Изображения различных культур под белым/ультрафиолетовым светом захватываются, чтобы определить, насколько созрели зеленые плоды. Фермеры могут создавать различные уровни готовности в зависимости от категории урожая/фруктов и складывать их в отдельные штабеля перед отправкой на рынок;

– управление. Используя изображения высокой четкости с бортовых систем (беспилотных летательных аппаратов или вертолетов), в режиме реального времени оценки могут быть сделаны во время периода культивирования путем создания карты поля и определения областей, где посевы требуют воды, удобрений или пестицидов. Это помогает в оптимизации ресурсов.

3. Определение оптимальной смеси для агрономических продуктов.

Основываясь на нескольких параметрах, таких как состояние почвы, прогноз погоды, тип семян, зараженность на определенной территории и т.д., когнитивные решения дают рекомендации фермерам по оптимальному выбору культур и гибридных семян. Рекомендация может быть дополнительно персонализирована на основе требований фермы, местных условий и ретроспективных данных об успешномведении сельского хозяйства. Внешние факторы, такие как рыночные тенденции, цены или потребительские потребности, также могут быть учтены при принятии фермерами обоснованного решения.

4. Мониторинг состояния посевов.

Методы дистанционного зондирования наряду с гиперспектральной визуализацией и 3d-лазерным сканированием необходимы для построения показателей урожая на больших посевных площадях. Это может привести к революционным изменениям в том, как фермеры контролируют сельскохозяйственные угодья, как с точки зрения времени, так и с точки зрения усилий. Эта технология также будет использоваться для мониторинга сельскохозяйственных культур на про-

тяжении всего их жизненного цикла, включая формирование отчетов в случае аномалий.

5. Методы автоматизации в ирригации и стимулировании фермеров.

С точки зрения интенсивных процессов в сельском хозяйстве, орошение является одним из таких процессов. Машины, обученные исторической погоде, качеству почвы и виду выращиваемых культур, могут автоматизировать орошение и повысить общую урожайность. Поскольку около 70 % мировых запасов пресной воды используется для орошения, автоматизация может помочь фермерам лучше справляться со своими водными проблемами.

Отметим, что применение технологий смешанной реальности (MR) и искусственного интеллекта (ИИ) способствуют интенсификации сельского хозяйства. Так, новые случаи использования и применения в земледелии подтверждают этот тезис. В частности: инновации позволяют фермерам лучше реагировать на изменения в здоровье агрокультур, анализировать состояние почвы, дистанционно управлять оборудованием; технологии MR и ИИ представляют собой некоторые из последних и интересных направлений, которые используют новаторы в агробизнесе, чтобы превратить классическое сельское хозяйство в «умное» [10, 13].

Современные ирригационные технологии с ML способны отличать сорняки от сельскохозяйственных культур и опрыскивать первые гербицидами. В итоге используется меньше химикатов, снижается стоимость выращивания агрокультур и повышается безопасность продовольствия [10].

Искусственный интеллект может использоваться для оперативной диагностики заболеваний растений. Так, искусственный интеллект с возможностью самостоятельного развития помогает фермерам идентифицировать заболевания, определиться с лечением, а также оценить возможный ущерб. За счет множественных обращений библиотека подобных сервисов постоянно расширяется, растет количество определяемых заболеваний. Фермеру требуется лишь сфотографировать пораженную часть растения, и через несколько секунд у него будет полная информация о причине его возникновения.

Например, мобильное приложение «Plantix» компании «Peat» предоставляет пользователям возможность диагностирования свыше 60 болезней растений. Приложение содержит огромную библиотеку

снимков, которые сортируются по видам растений, бактерий, заболеваний и др. Алгоритм идентификации заболеваний совершенствуется с увеличением числа загружаемых снимков [8].

Цифровая платформа «Xarvio», которую разработали в «Bayer» (в 2018 году приобрел концерн BASF), предлагает пользователям приложение «Scouting», которое помогает диагностировать заболевания, повреждения, нарушения развития растений на основе обработки фотоснимков. На текущий момент приложение распознает 17 болезней: на снимках желтых ловушек алгоритм идентифицирует опасных и анализирует их количество, с точностью от 32–99 % идентифицируются сорняки (в зависимости от фазы роста растений), анализируется степень обеспеченности растений азотом. Приложение отправляет уведомления в случае обнаружения опасных болезней или вредителей вблизи участков пользователя [8].

Также на мировом рынке появляются стартапы, предлагающие услуги и продукты, основные на технологиях искусственного интеллекта. Прежде всего, речь идет о приборе «Prospera», основанной в 2014 году. Этот израильский стартап произвел революцию в способе ведения сельского хозяйства. Он разработал облачное решение, которое объединяет все существующие данные, которые есть у фермеров, такие как датчики почвы/воды, аэрофотоснимки и так далее. Затем он объединяет его с устройством в поле, которое имеет смысл всего этого. Прибор «Prospera», который можно использовать в зеленых домах или в поле, приведен в действие разнообразие датчиками и технологиями как компьютерное зрение, входные сигналы от этих датчиков использованы для того, чтобы найти корреляцию между различными метками данных и сделать прогнозы.

Также можно привести пример стартапа «Blue River technology» (штат Калифорния, США), основанный в 2011 году, который сочетает в себе искусственный интеллект, компьютерное зрение и робототехнику, чтобы построить сельскохозяйственное оборудование следующего поколения, которое уменьшает химикаты и экономит затраты. Компьютерное зрение определяет каждое отдельное растение, ML решает, как обращаться с каждым отдельным растением, а робототехника позволяет интеллектуальным машинам принимать меры.

Еще одним примером выступает компания «FarmBot», основанная в 2011 году. Эта компания вывела точное земледелие на другой уровень, позволив окружающим сознательным людям с технологией точ-

ного земледелия выращивать зерновые культуры на своем собственном месте. Продукт, «FarmBot» помогает делать сквозное сельское хозяйство самостоятельно: начиная от семенной плантации до обнаружения сорняков и тестирования почвы до полива растений, все заботится об этом физическом боте с использованием программного обеспечения с открытым исходным кодом [14].

Стартап «Uptake» обрабатывает данные установленных на технике датчиков с целью оптимизации рабочих процессов. Руководствуясь рекомендациями программы, фермер сможет повысить эффективность использования имеющейся в хозяйстве техники. Американские ученые разрабатывают систему точного полива, которая сможет реализовать задание по обеспечению оптимального количества влаги. Проект призван решить проблему контроля расхода воды на локальном уровне (для каждого растения).

Система «RAPID» (роботизированная система точного полива), состоящая из установленных на систему капельного орошения регулируемых излучателей, обеспечит максимальную точность орошения. Тренд на органические фермы вынуждает искать альтернативу применению агрохимии в борьбе с сорняками. Во многих странах наблюдается дефицит трудовых ресурсов. К тому же человеческий труд делает производство слишком дорогим. Именно поэтому ведется активная работа над внедрением технологий искусственного интеллекта в агросферу [5].

Ученые продолжают работу над совершенствованием имеющихся способов борьбы с сорняками и вредителями. Например, в Индии прошли испытания умного опрыскивателя для садов: установленный на трактор опрыскиватель с помощью системы ультразвуковых датчиков определяет размер дерева и расстояние до него, полученные сведения анализируются и влияют на мощность струи и количество распыляемого вещества. Тестирование показало высокую эффективность применения системы при снижении до 26 % расхода СЗР [5].

Хотя искусственный интеллект предлагает широкие возможности для применения в сельском хозяйстве, все еще существует недостаток знаний о высокотехнологичных решениях машинного обучения на фермах в большинстве частей мира. Воздействие на сельское хозяйство внешних факторов, таких как погодные условия, почвенные условия и наличие вредителей, довольно много. Поэтому то, что может выглядеть хорошим решением при планировании в начале уборки

урожая, может оказаться неоптимальным из-за изменения внешних параметров.

Системы искусственного интеллекта также нуждаются в большом количестве данных, чтобы обучать машины и делать точные прогнозы. В случае обширных сельскохозяйственных земель, хотя пространственные данные могут быть собраны легко, временные данные трудно получить. Например, большинство данных по конкретным культурам можно получить только один раз в год, когда они растут. Поскольку для развития инфраструктуры данных требуется время, для построения надежной модели машинного обучения требуется значительное время. Это одна из причин, почему ИИ чаще применяется в агрономических продуктах, таких как семена, удобрения, пестициды и так далее, а не в полевых точных решениях.

Выводы

Будущее сельского хозяйства во многом зависит от принятия когнитивных решений, а современное общество приближается к разумному фермерству.

Выявлено, что основными сферами применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве выступают: рост, обусловленный внедрением искусственного интеллекта; создание инсайта на основе изображений; определение оптимальной смеси для агрономических продуктов; мониторинг состояния посевов; методы автоматизации в ирригации и стимулировании фермеров.

Использование интеллектуальных сельскохозяйственных приложений показывает достаточно высокие результаты. Однако основной проблемой внедрения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве выступает высокая стоимость их внедрения. Решения должны стать более доступными, чтобы гарантировать массовое внедрение технологий искусственного интеллекта. Платформа с открытым исходным кодом сделает решения более доступными, что приведет к быстрому принятию и более высокому проникновению среди фермеров. С другой стороны, для того чтобы исследовать огромный объем данных в сельском хозяйстве, приложения должны быть более надежными. Только тогда искусственный интеллект сможет эффективно реагировать на частые изменения внешних условий, облегчать принятие решений в реальном масштабе времени и использовать соответствующие рамки/платформы для сбора контекстуальных данных.

Список литературы

1. Абдиев М.Ж. Аграрные отношения и методологические проблемы формирования экономического механизма хозяйствования в АПК // Экономика, предпринимательство и право. – 2018. – Том 8. – № 2. – с. 111-126. – doi: 10.18334/epp.8.2.39088.
2. Алферьев Д.А. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // Агрозоотехника. 2018. № 4. С. 1-10.
3. Анфиногентова А.А., Проценко О.Д., Дудин М.Н., Лясников Н.В. Проблемы обеспечения российского агропромышленного комплекса высококвалифицированными кадрами в контексте перехода к «зеленой экономики» // Экономика региона. 2018. Т.14, вып. 2. С.638-650.
4. Вартанова М.Л., Дробот Е.В. Перспективы цифровизации сельского хозяйства как приоритетного направления импортозамещения // Экономические отношения. – 2018. – Том 8. – № 1. – с. 1-18. – doi: 10.18334/eo.8.1.38881.
5. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozyajstve> (дата обращения 02.11.2019)
6. Лясников Н.В. Цифровой аграрный сектор России: обзор прорывных технологий четвертого технологического уклада // Продовольственная политика и безопасность. – 2018. – Том 5. – № 4. – с. 169-182. – doi: 10.18334/ppib.5.4.41295.
7. Поздняков И.И. Влияние искусственного интеллекта на развитие мировой торговли // Экономические отношения. – 2018. – Том 8. – № 2. – с. 173-180. – doi: 10.18334/eo.8.2.38972.
8. Приложение диагностирует более 60 болезней растений, анализируя фотографии [Электронный ресурс]. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/prilozhenie-diagnostiruet-bolshe-60-boleznej-rastenij-analiziruya-fotografii> (дата обращения 02.11.2019)
9. Скворцов Е.А., Набоков В.И., Некрасов К.В., Скворцова Е.Г., Кротов М.И. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2019. № 8 (187). С. 91-98.
10. Смешанная реальность и искусственный интеллект для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. URL: <https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/smeshannaya-realnost-i-iskusstvennyy-intellekt-dlya-selskogo-khozyaystva> (дата обращения 02.11.2019)

11. Староверова И.В., Вартанова М.Л. Почему аграрному производству РФ недоступны плоды научно-технического интеллекта? // Теневая экономика. – 2018. – Том 2. – № 3. – с. 115-124. – doi: 10.18334/tek.2.3.40551.
12. Чуйкин К.А. Влияние дронов и искусственного интеллекта на сельское хозяйство // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. Т.2. № 4 (14). С.389-391.
13. Козлова С.В. Государственная земельная политика в условиях современных вызовов // Экономическая безопасность. – 2018. – Том 1. – № 2. – С. 81-89. – doi: 10.18334/ecsec.1.2.100498
14. Artificial Intelligence in Agriculture Market [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/artificial-intelligence-in-agriculture-market> (дата обращения 02.11.2019)

Для цитирования

Шутьев А.А., Анищенко А.Н. Будущее искусственного интеллекта, нейросетей и цифровых технологий в АПК // Экономика и социум: современные модели развития. – 2019. – Том 9. – № 4. – С. 508-522. – doi: 10.18334/ecsoc.9.4.100454

Shutkov A.A., Anishchenko A.N.¹

The future of artificial intelligence, neural networks and digital technologies in agriculture

Annotation

Purposes. Based on the analysis of foreign experience, determining the main problems of introduction of technologies of artificial intelligence, neural networks and digital technologies in agriculture, to consider the possibility of their use for future development and to propose solutions to the identified problems.

Methodology. The methodological basis of the study was the fundamental works of domestic scientists-economists on the development of innovation and digital technologies in agriculture; General scientific research methods (abstract-logical, economic-statistical, etc.), as well as open analytical materials of digital technologies development, the use of artificial intelligence and neural networks in the agro-industrial complex were used.

Research result. The article reveals that the main areas of application of artificial intelligence in agriculture are: growth due to the introduction of artificial intelligence; creation of insight based on images; determination of the optimal mixture for agronomic products; monitoring of crops; methods of automation in irrigation and stimulation of farmers.

As the world's best practice shows, the use of intelligent agricultural applications can achieve growth in the industry. However, the main problem of the introduction of artificial intelligence technologies in agriculture is the high cost of their implementation. Solutions must become more accessible to guarantee the mass adoption of artificial intelligence technologies. The open source platform will make solutions more accessible, leading to faster adoption and higher penetration among farmers. On the other hand, in order to explore the huge amount of data in agriculture, applications need to be more reliable. Only then

¹ Anatoly A. Shutkov, academician of RAS, doctor of Economics, Professor, Ypres RAS. Address: Russia, 117418, Moscow, Nakhimov Ave., 47, e-mail: shutkov@yandex.ru

Alesya N. Anishchenko, Ph. D., SNS., head. laboratory of strategic development of agroindustrial complex of IPR RAS. Address: Russia, 117418, Moscow, Nakhimov Ave., 47, e-mail: anishchenko-an@mail.ru

will artificial intelligence be able to respond effectively to frequent changes in external conditions, facilitate real-time decision-making and use appropriate frameworks/platforms to collect contextual data.

Keywords: agriculture, artificial intelligence, agro-industrial sector, digital economy.

The article is prepared within the framework of the state task of the IPR RAS, the theme of research is «Socio-economic and scientific-technological development at different levels of management in sectors, complexes and spheres of activity of the national economy of Russia».

References

1. Abdiev M. Zh. Agrarian relations and methodological problems of formation of the economic mechanism of management in agriculture / Economics, entrepreneurship and law. – 2018. – Volume 8. – No. 2. – pp. 111-126. – doi: 10.18334/epp.8.2.39088.
2. Alferyev D.A. Artificial intelligence in agriculture. 2018. No. 4. Pp. 1-10.
3. Anfinogentova A.A., Protsenko O.D., Dudin M.N., Lyasnikov N.V. Problems of providing the Russian agro-industrial complex with highly qualified personnel in the context of the transition to the «green economy». 2018. Vol. 14, vol. 2. Pp. 638-650.
4. Vartanova M. L., Drobot E. V. Prospects of digitalization of agriculture as a priority direction of import substitution // Journal of International Economic Affairs. – 2018. – Volume 8. – No. 1. – pp. 1-18. – doi: 10.18334/eo.8.1.38881.
5. Artificial intelligence in agriculture [Electronic resource]. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozyajstve> (Access date: 02.11.2019)
6. Lyasnikov N. V. Digital agricultural sector of Russia: review of breakthrough technologies of the fourth technological order // Food policy and security. – 2018. – Volume 5. – No. 4. – pp. 169-182. – doi: 10.18334/ppib.5.4.41295.
7. Pozdnyakov I. I. Influence of artificial intelligence on the development of world trade // Journal of International Economic Affairs. – 2018. – Volume 8. – No. 2. – pp. 173-180. – doi: 10.18334/eo.8.2.38972.
8. The application diagnoses more than 60 diseases of plants, analyzing photos [Electronic resource]. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/prilozhenie-diagnostiruet-bolshe-60-boleznej-rastenij-analiziruya-fotografi> (Access date: 02.11.2019)

9. *Skvortsov E.A., Nabokov V.I., Nekrasov K.V., Skvortsova E.G., Krotov M.I.* Application of artificial intelligence technologies in agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2019. No. 8 (187). Pp. 91-98.
10. Mixed reality and artificial intelligence for agriculture [Electronic resource]. URL: <https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/smeshannaya-realnost-i-iskusstvennyy-intellekt-dlya-selskogo-khozyaystva> (Access date: 02.11.2019)
11. Staroverov I.V., Vartanova M.L. Why are the fruits of scientific and technical intelligence inaccessible to agricultural production in the Russian Federation? // *Shadow economy.* – 2018. – Volume 2. – No. 3. – pp. 115-124. – doi: 10.18334/tek.2.3.40551.
12. *Chuikin K.A.* Influence of drones and artificial intelligence on agriculture / / *Actual problems of aviation and cosmonautics.* 2018. Vol. No. 4 (14). Pp. 389-391.
13. Kozlova S. V. State land policy in the context of modern challenges / / *Economic security.* - 2018. - Volume 1. - No. 2. - Pp. 81-89. – doi: 10.18334/ecsec.1.2.100498
14. Artificial Intelligence in Agriculture Market [Electronic resource]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/artificial-intelligence-in-agriculture-market> (Access date: 02.11.2019)

For citation

Shutkov, A.A., & Anischenko, A.N. (2019) The future of artificial intelligence, neural networks and digital technologies in agriculture. *Economics and society: contemporary models of development*, 9(4), 508-522. doi: 10.18334/ecsoc.9.4.100454 (in Russian)