

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВО

О.З. ЗАГАЗЕЖЕВА, К.Ф. КРАЙ

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360002, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, а именно: при выращивании зерновых, овощей и фруктов, с целью повышения эффективности производства. Рассмотрены ключевые направления применения технологий искусственного интеллекта. На сегодняшний день внедрение новых интеллектуальных роботизированных технологий и аналитических систем крайне необходимо, так как фермеры нуждаются в качественной обработке поступающих данных с различных устройств, датчиков, агро-техники, метеорологических станций, дронов, спутников и т.д., на основе которых можно принимать дальнейшие решения.

В статье приведены экономические расчеты некоторых робототехнических систем в сельском хозяйстве, также рассматриваются их конкурентные преимущества.

Ключевые слова: сельскохозяйственная робототехника, цифровые технологии, интеллектуальные технологии, искусственный интеллект, машинное обучение, робототехника, роботы, трудовые ресурсы

Статья поступила в редакцию 22.11.2021

Принята к публикации 13.12.2021

Для цитирования. Загазежева О.З., Край К.Ф. Проблемы и перспективы внедрения роботизированных и интеллектуальных технологий в растениеводство // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6 (104). С. 95–104. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-95-104

ВВЕДЕНИЕ

В России в сельскохозяйственной отрасли в настоящее время занято 15 % людей, эти показатели превалируют над показателями ряда других стран, однако в производстве занятость отстает от передовых стран. Из-за неразвитости технологий производственные потери могут достигать 30%.

Также сельское хозяйство сталкивается со многими проблемами, такими как болезни сельскохозяйственных культур, заражение вредителями, нехватка воды, сорняки, которые засоряют посевы сельскохозяйственных культур, и т.д. Эти проблемы приводят к значительным потерям урожая, что впоследствии неизбежно ведет к экономическим потерям.

При отсутствии каких-либо сдвигов в сложившейся ситуации в сельском хозяйстве и сельских территориях, а именно низкое качество и низкий уровень жизни сельского населения, в дальнейшем будут возрастать миграционные процессы квалифицированных трудовых ресурсов. А в период цифровизации и внедрения новых технологий в сельском хозяйстве обязательным условием является наличие высококвалифицированных кадров в сельских территориях для внедрения и обслуживания этих же технологий¹.

Объектом исследования является роботизация сельскохозяйственной отрасли.

Предметом исследования являются особенности внедрения интеллектуальных робототехнических систем в сельском хозяйстве.

Целью исследования является определение проблем и перспектив внедрения роботизированных и интеллектуальных технологий в агропромышленном комплексе.

Достижение поставленной цели возможно при рассмотрении нескольких задач:

1. Определение конкретных направлений применения роботизированных и интеллектуальных технологий в сельском хозяйстве.

2. Выявление проблем, барьеров и ограничений применения роботизированных и интеллектуальных технологий в отрасли.

3. Расчет экономической эффективности применения роботизированных и интеллектуальных технологий.

В данной работе применяется **методология** экономики, которая предусматривает влияние новых технологий в сельском хозяйстве на экономические процессы в регионе. В работе также использованы **методы** анализа и синтеза.

АНАЛИЗ РЫНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РОБОТОВ В МИРЕ

Рынок сельскохозяйственных роботов, по прогнозам, вырастет с 7,4 млрд долларов США в 2020 году до 20,6 млрд долларов к 2025 году согласно новому отчету MarketsandMarkets.

Аналитики считают, что в прогнозируемом периоде (2020–2025 гг.) рынок будет развиваться со среднегодовым темпом роста (CAGR) 22,8 %. Спрос на агроботов возрастет из-за снижения доступности квалифицированных сельхозработников. К концу 2025 года самая большая доля рынка агроботов будет сконцентрирована в Северной и Южной Америке. Число фермеров в регионе, выбирающих автоматизацию сельскохозяйственной деятельности, постоянно растет на фоне ужесточения иммиграционного контроля и нехватки рабочей силы.

Роботизированные уборочные машины проходят испытания во Флориде и Калифорнии для сбора яблок, клубники, винограда и других культур. Многие крупные фермерские компании в настоящее время являются стратегическими инвесторами для роботизированных стартап-компаний².

Рост населения в таких странах, как Китай, Индия, Индонезия, Япония, Филиппины и Вьетнам, а также повышение спроса на более высокоурожайные проекты являются основными факторами, способствующими развитию сельскохозяйственного сектора в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Вышеупомянутые страны вкладывают значительные средства в агротехнаправление. Так, в Индии в 2019 году было заключено самое большое количество сделок по слиянию и поглощению на этом рынке, если не брать в рассмотрение США. Объем таких сделок достиг \$249 млн, увеличившись на 87% в сравнении с 2018 годом.

По оценкам аналитической организации Future Market, ожидается, что к 2026 году рынок умного сельского хозяйства сможет достигнуть \$40 млрд. Среднегодовой темп роста с учетом сложного процента (CAGR) в ближайшие годы будет составлять 11,2 %.

² Agricultural Robots Market [Электронный ресурс] // MarketsandMarkets™ Research Private Ltd. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/agricultural-robot-market-173601759.html>

По словам аналитиков Future Market Insights, переход к умному сельскому хозяйству происходит медленно, но уверенно. Большая часть рынка (около 53%) расположена в Северной Америке, что во многом связано с высокой заинтересованностью умными инновациями со стороны фермеров США. Интеллектуальные технологии наиболее активно внедряются в мелкомасштабное полевое хозяйство, животноводство и рыбный промысел. Наибольший прогресс в распространении умных сельскохозяйственных решений наблюдается в сфере выращивания зерна.

Согласно новому отчету Tractica, глобальные поставки сельскохозяйственных роботов вырастут с 60 000 единиц в 2018 году до более 727 000 к 2025 году (рис. 1).

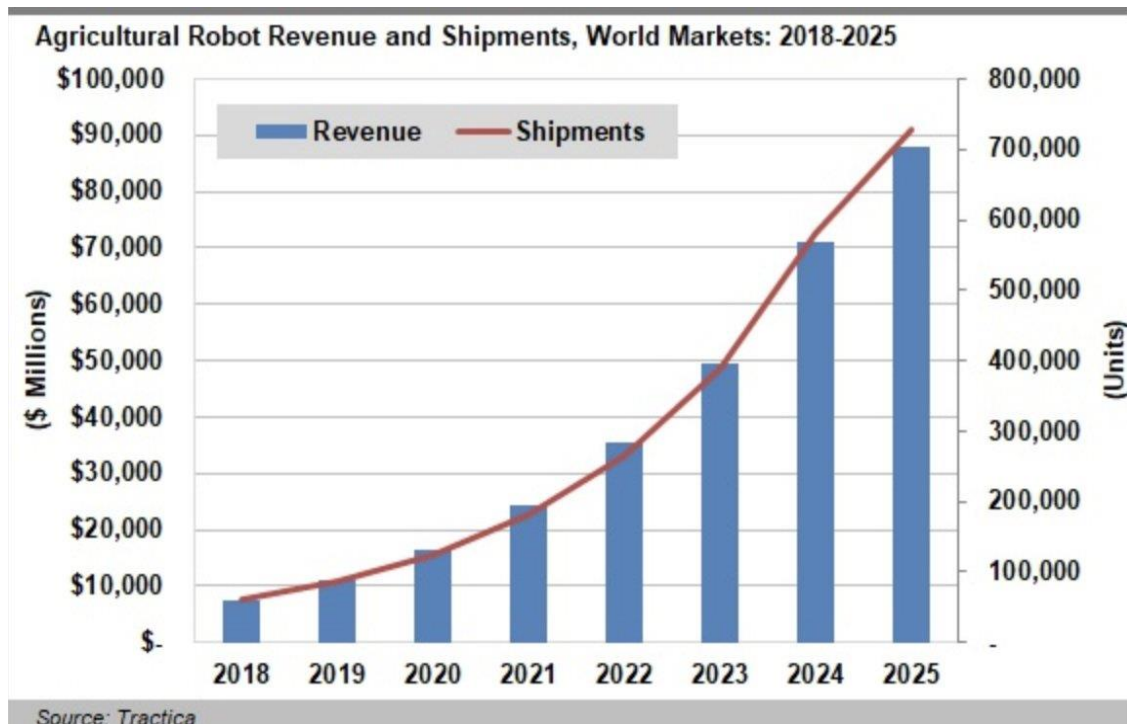


Рис. 1. Выручка и отгрузка сельскохозяйственных роботов. Мировые рынки: 2018-2025 гг.

На Северную Америку приходилась самая большая доля рынка сельскохозяйственных роботов в 2020 году. Растущая нехватка рабочей силы и высокие затраты на нее в регионе привели к внедрению роботов и автоматизации для повышения производительности и поддержания стандартов качества. Северная Америка, США, Канада и Мексика утвердили руководящие принципы, установленные соответствующими авиационными властями для использования дронов в коммерческих целях, например, в сельском хозяйстве. США также уделяют большое внимание роботам для сбора урожая фруктов и овощей и, как ожидается, станут одной из первых стран, внедривших такие роботы. Северная Америка также является лидером на рынке тракторов с автоматическим управлением, что делает его прибыльным рынком для тракторов без водителя. Игроки в этом регионе вкладывают значительные средства в исследования и разработки для производства рентабельных и высокопроизводительных роботов. Такие факторы привели к росту рынка сельскохозяйственных роботов в Североамериканском регионе (рис. 2).



Рис. 2. Главные показатели роста рынка сельскохозяйственных роботов в Северной Америке

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В перспективе можно выделить три основных направления использования роботизированных технологий и искусственного интеллекта в сельском хозяйстве:

- 1) системы мониторинга параметров аграрного сектора;
- 2) системы искусственного интеллекта по передаче, хранению и анализу данных;
- 3) роботизированные системы по реализации управленческих решений.

Фермерам, агрономам, консультантам необходимо своевременно мониторить состояние полей и процессов, происходящих на них, для качественной обработки полученных данных, на основе которых они должны принимать дальнейшие решения по методам, наиболее подходящим для ухода за сельскохозяйственными угодьями [1].

Сегодня большинство этих сельскохозяйственных процессов выполняется вручную. Применение интеллектуальных роботизированных технологий может облегчить выполнение самых сложных и рутинных задач, в том числе по сбору, сохранению и обработке больших объемов данных на цифровых платформах, предложить оптимальные действия и даже инициировать эти действия в сочетании с роботизированными технологиями.

Все это приведет к разработке интеллектуальных роботизированных технологий и аналитических систем, которые при загрузке данных о конкретном поле (координаты, площадь, тип культур, прошлая урожайность) смогут предоставить точные рекомендации и последовательность действий с учетом анализа многих исторических и текущих факторов как на данном участке, так и во внешнем окружении, комбинируя данные с датчиков, дро-

нов, спутника, других внешних приложений. Интеллектуальные роботизированные технологии помогут определить лучшее время для посадки семян, удобрения, увлажнения или сбора урожая, просчитать время погрузки и доставки груза до покупателя; будут следить за температурой в зоне хранения и транспортировки, чтобы избежать порчи и доставить свежую продукцию; прогнозировать урожай и доход и давать советы по улучшению обработки растений в сравнении с прошлыми показателями [2].

Искусственный интеллект в сельском хозяйстве можно использовать в следующих процессах³:

1. Раннее обнаружение вредителей, болезней и сорняков.

Сегодня фермеры вручную проверяют каждый участок своего поля, визуально осматривают состояние посевов. Для выявления болезней на ранних стадиях элементарно может не хватать ресурсов и опыта. Эту проблему можно решить, используя роботов, оснащенных компьютерным зрением, которые регулярно проводят мониторинг участка. При этом интеллектуальные роботизированные технологии отслеживают состояние растений, могут прогнозировать заболевания, выявлять и удалять сорняки и рекомендовать эффективную обработку вредителей. Собирая данные о росте растений, интеллектуальные роботизированные технологии могут помочь выращивать культуры, которые менее подвержены болезням и лучше адаптированы к погодным условиям. Также системы искусственного интеллекта могут проводить химический анализ почвы и давать точные оценки недостающих питательных веществ.

2. Точное земледелие.

Аграрии вносят удобрения и осуществляют полив сплошным ковром, хотя участки одного поля могут иметь разные условия, рельеф, состав грунта. То есть где-то будет дефицит ресурсов, а где-то переизбыток. Интеллектуальные роботизированные технологии с помощью датчиков, объединенных в сеть интернета вещей (IoT), отслеживают основные показатели: влажность почвы, температуру, освещенность участка, необходимые для оптимального ведения хозяйства. Алгоритм выдает рекомендации для каждого квадратного метра поля, что дает возможность определить оптимальный режим орошения и времени внесения питательных веществ.

3. Расчет урожайности.

Интеллектуальные роботизированные технологии могут решить проблему прогнозирования урожайности и предсказывать результат выращивания зерна, овощей или фруктов. Данные, собранные с помощью сенсоров или дронов, анализируются алгоритмами с машинным обучением, которые оперируют в том числе историческими данными об изменении климата, создаются карты полей, выявляются паттерны. В итоге фермер может рассчитать урожайность с каждого участка и даже изменение цены на свою продукцию, оптимизировать расход ресурсов. Также эти технологии могут проанализировать рыночный спрос, прогнозировать цены и определять оптимальное время для посева и сбора урожая. Тем самым упрощается выбор культур и помощь фермерам по определению наиболее прибыльной продукции. Фермеры смогут прогнозировать данные

³ Dmytro Lennyi. Artificial Intelligence in Agriculture: Rooting Out the Seed of Doubt [Электронный ресурс] // ScienceDaily. URL: <https://intellias.com/artificial-intelligence-in-agriculture/>

для уменьшения количества ошибок и минимизации рисков. На рис. 3 приведена схема использования интеллектуальных роботизированных технологий в цикле управления сельскохозяйственными процессами.

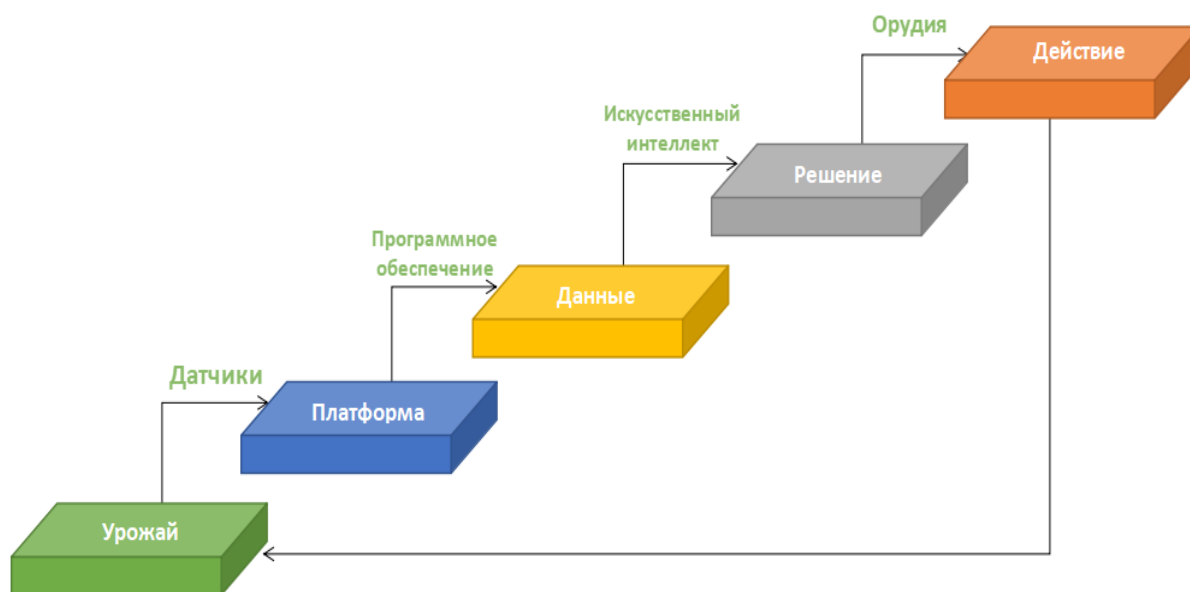


Рис. 3. ИИ в процессе управления сельскохозяйственной информацией

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Эффект использования робототехники в сельском хозяйстве – это результат применения роботизированных интеллектуальных технологий при производстве сельскохозяйственной продукции, выражающийся в приросте производства продукции, повышении ее качества, снижении потребности в трудовых ресурсах, уменьшении вредного воздействия на окружающую среду по сравнению с традиционной технологией производства и т. д. [3]. При этом эффективность использования робототехники в сельском хозяйстве можно определить как соотношение полученных от использования эффектов и затрат на внедрение, включающих приобретение, монтаж, обслуживание робототехники и ее модернизацию.

Обобщенным показателем экономической эффективности является срок окупаемости (1):

$$D = E / (L - P), \quad (1)$$

где D – срок окупаемости, лет;

E – затраты по роботизации технологических операций (процессов), руб.;

L – годовая экономия фонда зарплаты, руб.;

P – величина годовых эксплуатационных расходов, руб.

Прибыль от эксплуатации вычисляется по формуле (2):

$$П = K (L - P), \quad (2)$$

где k – процент амортизации.

Рассчитаем срок окупаемости на примере робота «AVO - WEEDING ROBOT» Швейцарской компании ecoRobotix (табл. 1).

AVO выполняет автономные прополки на ровных полях и пропашных культурах. Используя передовые технологии с помощью машинного обучения, робот обнаруживает с большой точностью и выборочно опрыскивает сорняки большими дозами гербицида, что снижает объем его применения на 90%⁴.

Цена робота составляет 1,2 млн руб. Он полностью заменяет услуги «Агроконсалтинга» согласно данным с сайта по поиску специалистов, а также открытым данным о вакансиях в столичных сельскохозяйственных компаниях. Зарплата агронома с опытом – в пределах 70 тысяч рублей в месяц, стоимость услуги по расчистке сельскохозяйственных земель – около 8000 руб./га (в среднем в год нужно обрабатывать поля 5 раз). Экономия фонда заработной платы происходит за счет сокращения затрат на оплату услуг агронома и рабочего по опрыскиванию поля.

Таблица 1

РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ И ПРИБЫЛИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ РОБОТА
«AVO - WEEDING ROBOT»

Срок окупаемости:	
Е – стоимость робота, млн. руб.	1.2
L – годовая экономия ЗП, тыс. руб.	880
P – годовые эксплуатационные расходы (ЗП пользователя), тыс. руб.	240
Итого D – срок окупаемости, год	1,8
Прибыль от эксплуатации П:	
Годовая норма амортизации К	100 %/5 лет = 20 %
П= К (L-P), руб.	128000

По данному расчету срок окупаемости робота – один год и восемь месяцев, а прибыль от его эксплуатации составила 128 000 рублей.

В результате исследования мы выявили следующие преимущества использования данного робота:

1. Экономия гербицидов.
2. Повышение урожайности. При этом на растениях не остается гербицидов.
3. Снижение экологической нагрузки.
4. Нет расходов топлива, так как робот полностью питается от солнечной энергии и аккумуляторных батарей.
5. Сохраняет органическую жизнь почвы при ограниченном его уплотнении.

Переходя к конкурентоспособности аграрной продукции, на данном этапе много факторов которые не позволяют применить определенные методы оценки. К таким факторам относятся:

- 1) низкая рентабельность АПК;

⁴ Weeding robotic platform [Электронный ресурс] // ecoRobotix. URL: <https://www.ecorobotix.com/en/avo-autonomous-robot-weeder/>

- 2) длительный воспроизводственный цикл;
- 3) длинный срок окупаемости;
- 4) низкий уровень валовой добавленной стоимости;
- 5) высокая неопределенность, связанная с природно-климатическими условиями;
- 6) экологический фактор⁵.

Современные реалии развития сельскохозяйственной отрасли показывают, что внедрение новых роботизированных технологий позволяет снижать данные факторы и выводить на внешний рынок некоторые виды продукции (яблоки, томаты и т. д.). В будущем примером может стать внедрение в агропромышленный комплекс технологии, разрабатываемой в ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН», например, семейство роботов «Агромультитобот» [4]. Это мультиагентный робототехнический комплекс для уборки плодоовощной продукции в защищенном грунте. Отличительными особенностями данного робототехнического комплекса являются следующие:

1. Производительность в 3–5 раз выше, чем при традиционном механизированном способе уборки урожая.
2. Сокращение затрат за счет сбора урожая без участия человека.
3. Сбережение плодов за счет применения интеллектуальной роботизированной технологии.
4. Сбережение почвенного слоя и посадок за счет применения одноосной транспортной платформы на широкопрофильных катках.
5. Способность роботов работать круглосуточно при любой погоде⁶.

Можно смело говорить о том, что сельское хозяйство является перспективной отраслью для автоматизации и роботизации. Новые цифровые интеллектуальные технологии будут вытеснять низкоквалифицированный ручной труд. Об этом свидетельствуют уже внедренные ранее технологии, такие как роботизированные доильные фермы и дроны, где участие человека практически сведено к минимуму.

Экспертами прогнозируется, что в ближайшем будущем внедрение новых высокоинтенсивных технологий позволит увеличить продуктивность растениеводства и животноводства в 2,53 раза и сократить трудозатраты в 1,5–2 раза и более⁷.

Выводы

1. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве открывает огромные возможности. ИИ приводит к повышению производственных показателей, снижению расходов, повышению эффективности процессов принятия управленческих решений, оптимизации бизнес-процессов и сокращению рутинных операций, выполняемых фермерами.
2. Внедрение высоких технологий облегчит жизнь фермеру в оптимизации затрат, в управленческих решениях, а также в повышении урожайности и эффективности. Эти факторы помогут фермеру повысить доходность от своей деятельности.
3. Новые технологии обычно вызывают риски, такие как недоверие фермеров к работоспособности технологии, утечка информации к конкурентам и т.д. Поэтому фермеров надо готовить к новшествам⁸.

⁵ <http://evolutio.info/ru/journal-menu/2014-4/2014-4-borel>

⁶ https://drive.google.com/file/d/12nJSB5L9VnMB_UZcTejrpDIX8CvQkfoe/view

⁷ <https://luchik-center.ru/idei/sbor-urozhaya-avtomatizatsiya-protsesta.html>

⁸ <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/5fb3cd019a79478d62717fa3>

4. Многие робототехнические устройства разрабатываются сейчас под существующую инфраструктуру сельского хозяйства, но со временем необходимо готовить цифровую среду на полях для внедрения цифровых роботизированных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никляева В.С.* Основы технологии сельскохозяйственного производства: земледелие и растениеводство. Москва: Былина, 2000. 555 с.
2. *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.
3. *Загазежева О.З., Хаджиева М.И.* Перспективы снижения экологической нагрузки сельскохозяйственного производства на основе массовой роботизации // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2020. № 6 (98). С. 145–154.
4. *Край К.Ф., Хаджиева М.И.* Экономическая эффективность внедрения инновационных технологий в сельское хозяйство в эпоху сквозной цифровизации // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2020. № 6 (98). С. 155–164.

Информация об авторах

Загазежева Оксана Зауровна, канд. экон. наук, зав. Инжиниринговым центром Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360004, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

oksmil.82@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0903-4234>

Край Карина Фаезовна, мл. науч. сотр. Инжинирингового центра Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360004, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

kraykarina@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6927-7361>

REFERENCES

1. *Niklyayeva V.S.* *Osnovy tekhnologii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: zemledeliye i rasteniyevodstvo* [Fundamentals of agricultural production technology: Agriculture and plant growing]. Moscow: Bylina, 2000. 555 с. (In Russian)
2. *Skvortsov E.A., Nabokov V.I., Nekrasov K.V., Skvortsova E.G., Krotov M.I.* Application of artificial intelligence technologies in agriculture. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2019. No. 8 (187). Pp. 91–98. (In Russian)
3. *Zagazezheva O.Z., Khadzhieva M.I.* Prospects for reducing the environmental load of agricultural production on the basis of mass robotization. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2020. No. 6 (98). Pp. 145–153. (In Russian)
4. *Kray K.F., Khadzhieva M.I.* Economic efficiency of the introduction of innovative technologies in agriculture in the era of end-to-end digitalization. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2020. No. 6 (98). Pp. 155–163. (In Russian)

PROBLEMS AND PROSPECTS OF INTRODUCING ROBOTIC AND INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN CROP PRODUCTION

O.Z. ZAGAZEZHEVA, K.F. KRAI

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360002, Russia, Nalchik, 2 Balkarova street

Annotation. The article discusses the prospects for the use of artificial intelligence technologies in agriculture, namely in the cultivation of cereals, vegetables and fruits, in order to increase production efficiency. The main key areas of application of artificial intelligence technologies are considered. Today, the introduction of new intelligent robotic technologies and analytical systems is extremely necessary, since farmers need high-quality processing of incoming data from various devices, sensors, agricultural machinery, meteorological stations, drones, satellites, etc., on the basis of which further decisions can be made.

The article presents economic calculations of some robotic systems in agriculture, and also discusses their competitive advantages.

Keywords: agricultural robotics, digital technologies, intelligent technologies, artificial intelligence, machine learning, robotics, robots, human resources

The article was submitted 22.11.2021

Accepted for publication 13.12.2021

For citation. Zagazezheva O.Z., Krai K.F. Problems and prospects of introducing robotic and intelligent technologies in crop production. News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2021. No. 6 (104). Pp. 95–104. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-95-104

Information about the authors

Zagazezheva Oksana Zaurlovna, Candidate of Economic Sciences, Head of the Engineering Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

oksmil.82@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0903-4234>

Krai Karina Faezovna, Junior Researcher, Engineering Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

kraykarina@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6927-7361>