

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский государственный экономический университет»

На правах рукописи

СКВОРЦОВ ЕГОР АРТЕМОВИЧ

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(экономика агропромышленного комплекса (АПК))

**ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора экономических наук**

Научный консультант:
доктор экономических наук,
профессор Набоков В.И.

Екатеринбург – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	20
1.1 Генезис систем искусственного интеллекта с учетом их применения в сельском хозяйстве.....	20
1.2 Состояние и проблемы отечественного сельского хозяйства, объективная необходимость, цели и предпосылки использования систем искусственного интеллекта в отрасли.....	48
1.3 Теоретические аспекты использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.....	61
1.4. Нормативно-правовое регулирование применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.....	87
2 ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	96
2.1 Анализ публикаций по исследованию деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.....	96
2.2 Обзор исследований по вопросам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.....	105
2.3 Классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве	130
2.4 Факторы, влияющие на внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.....	147
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВНЕДРЕНИЯ И ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	156

3.1 Методика определения приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.....	156
3.2 Методика определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта.....	162
3.3 Методика оценки деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства	169
3.4 Методика оценки экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.....	175
4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	196
4.1 Оценка ожиданий, готовность и использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Среднего Урала	196
4.2. Формирование организационно-экономического механизма внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	211
4.3. Сценарии внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.....	222
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	239
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	246
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	248
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	257
Приложение А	293
Приложение Б	294
Приложение В.....	295
Приложение Г	297

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Сельское хозяйство является важнейшей отраслью материального производства. Она обеспечивает производство продуктов питания для населения, сырья для многих отраслей народного хозяйства, занятость трудом значительной части населения.

В последнее время отрасль столкнулась с рядом проблем и вызовов. К ним следует отнести значительный износ основных фондов, низкую производительность труда, дефицит квалифицированных кадров, низкое качество управленческих решений и др.

Решение проблем отрасли и повышение эффективности сельскохозяйственного производства возможно с применением принципиально новых технологий производства и управления, в цифровизации отрасли, во внедрении систем искусственного интеллекта. Предполагается, что их использование позволит значительно повысить эффективность производства продуктов питания за счет оптимизации сельскохозяйственного производства и управления отраслью. Данные системы имеют высокий потенциал, их использование позволяет автоматизировать процессы, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность животных, улучшить использование ресурсов, повысить качество продукции.

Процессы внедрения и использования систем искусственного интеллекта в экономике аграрного сектора затронут, по нашему мнению, практически все организации сельского хозяйства и органы управления отраслью, все существенные аспекты ее функционирования. Это относится как к выполнению производственных операций, обслуживающим процессам, так и к управлению аграрным производством. Применение систем искусственного интеллекта, очевидно, вызовет существенную трансформацию организационно-экономических, социально-трудовых и правовых отношений в отрасли.

На активизацию деятельности по применению систем искусственного интеллекта в народном хозяйстве, в том числе в сельском хозяйстве, направлены

Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.». Последним, в частности, поставлена задача довести количество процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, автоматизированных посредством искусственного интеллекта, до не менее 5 единиц (к 2030 г.).

Вместе с тем не разработаны должным образом теоретические и методологические вопросы использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, не обоснованы приоритетные направления их развития, не разработаны индикаторы их внедрения. Кроме того, не определены возникающие при этом эффекты, возможные риски использования данных систем в отрасли. Этим объясняется актуальность данного исследования.

Состояние изученности проблемы. Значительный вклад в развитие общей теории искусственного интеллекта внесли зарубежные ученые W.W. Bledsoe, N. Chomsky, I.J. Good, R.W. Hamming, D.O. Hebb, R. Kurzweil, J. McCarthy, M. Minsky, C. Naylor, J. Neumann, P. Norvig, C. Shannon, G.A. Simon, I. Sutskever, A.M. Turing, P.J. Werbos, N. Wiener, W. Wu, а также советские и российские ученые М.А. Айзерман, А.И. Берг, А.Л. Брудно, В.Н. Вапник, В.И. Варшавский, Т.К. Винцюк, В.М. Глушков, В.И. Городёцкий, А.П. Ершов, В.Н. Ильин, А.И. Китов, С.Н. Корсаков, А.А. Ляпунов, С.Ю. Маслов, Г.С. Осипов, Г.С. Поспелов, Д.А. Поспелов, И.Я. Силдмяэ, В.К. Финн и многие другие.

Отдельные вопросы функционирования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве рассмотрели зарубежные ученые S.I. Abba, H. Afzaal, J. Aitkenhead, F.N. Al-Wesabi, D. Aqel, M.O. Babaee, A.A. Barrero, A.A. Besalatpour, F.J. Chang, H. Chen, J. Deng, E.F. Dornelles, R. Dutta, M. Esmaili, K.P. Ferentinos, S. Fuentes, C. Ganeshkumar, P.J. Hayes, J. Horak, M.E. Karar, L. Kouadio, Y.K. Li, C. Mako, N.M. Mammadova, J. McCarthy, S. Mehdizadeh, R. Moazenzadeh, D. Moshou, L. Ozola, X.-E. Pantazi, B. Raei, O. Rahmati, M.G. Selvaraj, P. Stansly,

V. Stehel, Y. Su, K. Sudars, A. Sumarudin, K. Thenmozhi, Y.J. Tian, V. Vijayakumar, D. Xia, Z.M. Yaseen, J. A. Zichao и многие другие.

Определенный вклад в исследование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве внесли советские ученые Н.М. Амосов, К.А. Багриновский, М.Г. Гаазе-Рапопорт, В.М. Глушков, Н.Н. Ефимов, Н.Г. Загоруйко, А.Г. Ивахненко, А.М. Касаткин, А.М. Кондратов, АН. Колмогоров, Ю.О. Коган, В.В. Логвинец, А.А. Ляпунов, ЮТ. Медведев, Ю.Н. Печерский, Г.С. Пospelов, Д.А. Пospelов, В.Н. Пушкин, М. Рот, С.Ю. Соловьев, Г.Н. Соловьева, Г.А. Спыну, Г.Р. Фирдман, В.С. Фролов и др.

Отдельные вопросы использования цифровых технологий и систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве рассмотрели российские ученые А.Г. Аксенов, Н.Р. Амирова, М.Х. Бадмаева, А.Г. Гагарин, Р.У. Гусманов, А.С. Дорохов, А.А. Зацаринный, М.Н. Костомахин, М.Х. Куликова, С.Н. Ларин, М.Г. Матвеев, В.И. Меденников, М.А. Мирзаев, Н.П. Мишуров, В.И. Набоков, М.Г. Озерова, В.Е. Парфенова, А.А. Петрова, М.С. Петухова, В.В. Побединский, Е.В. Попова, А.Н. Райков, А.Ф. Рогачев, Е.В. Рудой, А.А. Самохвалова, Л.В. Саргина, А.С. Свиридов, А.Н. Семин, А.В. Сибирев, А.Т. Стадник, Е.В. Стомба, В.С. Тетерин, А.С. Труба, Г.В. Федотова, Ю.И. Чавыкин, С.А. Шелковников и др.

Тем не менее данные вопросы изучены недостаточно, отсутствуют системные исследования вопросов использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, не разработаны научно обоснованные рекомендации по их внедрению.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационного исследования состоит в разработке теоретических положений и методических рекомендаций по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство.

Для достижения цели исследования были поставлены и последовательно решены следующие задачи:

- рассмотрен генезис систем искусственного интеллекта с учетом их применения в сельском хозяйстве. Выполнен анализ научного дискурса в

отношении систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве.

- разработана концепция внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, в том числе цель, задачи, принципы и методы данной деятельности.

- разработана научная классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве.

- выделены эффекты от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Определить факторы, влияющие на применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

- разработан методический инструментарий внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

- разработан организационно-экономический механизм применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Разработать основных сценарии внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Объект исследования – организационно-экономические отношения, возникающие в процессе внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Предмет исследования – совокупность особенностей, принципов, факторов, возникающих в процессе внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Объект наблюдения – организации сельского хозяйства, использующие в своей деятельности цифровые технологии, в том числе системы искусственного интеллекта.

Область исследования соответствует п. 3.7 «Бизнес-процессы АПК. Теория и методология прогнозирования бизнес-процессов в АПК. Инвестиции и инновации в АПК», п. 3.15 «Прогнозирование развития агропромышленного комплекса и сельского хозяйства» и п. 3.10 «Аграрная политика и государственная поддержка отраслей АПК» научной специальности 5.2.3

«Региональная и отраслевая экономика» (экономика агропромышленного комплекса (АПК)) Паспорта специальностей ВАК РФ.

Теоретическую и методологическую основу диссертационного исследования составили: законодательные и нормативно-правовые акты Российской Федерации и ее субъектов, материалы Федеральной службы государственной статистики и ее Управления по Свердловской области и Курганской области, Министерства агропромышленного комплекса и потребительного рынка Свердловской области, материалы и публикации отечественных и зарубежных ученых, электронные научные базы, заключения специализированных научно-исследовательских институтов, а также результаты исследований, проведенных автором. В качестве нормативно-правовой базы использованы ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта», Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г., Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг.», распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г.».

Информационную базу исследования составили: труды отечественных и зарубежных ученых в области использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, положения теории и методологии данной деятельности, материалы научно-практических конференций по теме работы.

Основными методами исследования являлись общенаучные методы познания, такие как общелогические (анализа, синтеза), гипотетико-дедуктивный, абстрактно-логический, SWOT-анализ, интервьюирование, анкетирование, а также экономико-статистические методы сбора и обработки информации, ее графического представления и сравнительного анализа.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Генезис и развитие теории искусственного интеллекта с учетом их применения в сельском хозяйстве.
2. Концепция применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.
3. Классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве.
4. Факторы, влияющие на внедрение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.
5. Комплекс методик внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.
6. Организационно – экономический механизм применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Сценарный прогноз применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Научная новизна исследования. Наиболее значимые результаты диссертационного исследования:

1. Выполнено исследование генезиса систем искусственного интеллекта в экономике сельскохозяйственного производства, выделены его этапы, выполнен анализ научного дискурса отечественных и зарубежных исследований в данной области, проведена систематизация понятийно-категориального аппарата. Предложено авторское определение система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как направление исследований – это область знаний, имеющих прикладной характер и отраслевую специфику, направленных на разработку, внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью, оценку последствий этой деятельности. Введено авторское определение система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как техническое устройство – это совокупность программных и аппаратных средств, находящихся в определенных связях друг с другом, образующих единую целостность, направленных на решение задач производства и управления в сельском хозяйстве с эффективностью,

сопоставимой или превосходящей результаты деятельности человека. Конкретизировано содержание понятия «система искусственного интеллекта», его взаимосвязь с понятиями «технология», «метод», «модель», «алгоритм» с учетом организационных, экономических и социальных особенностей сельскохозяйственного производства. Определены предпосылки и условия использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, их отраслевые экономико-управленческие особенности

Анализ нормативного правового регулирования применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволил выявить, что регулирование носит фрагментарный характер, системы искусственного интеллекта отражаются в нем как сквозные, способствующие цифровизации отрасли. В ряде нормативно-правовых документах не сформулировано сущностное содержание понятий систем искусственного интеллекта как объектов развития, управления, недостаточно четко сформулированы целевых показатели и индикаторы применения этих систем в отрасли.

2. Разработана научная концепция использования систем искусственного интеллекта в экономике сельского хозяйства. Определена цель применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, которая состоит в повышении эффективности сельскохозяйственного производства и управления отраслью, обеспечении ее устойчивого развития и конкурентоспособности.

Сформулированы принципы применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве: эффективности, приоритетности внедрения, комплексности, конфиденциальности, понятности, предсказуемости, технологического суверенитета. Определены инструменты, результаты и условия применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Выделены субъекты и объекты внедрения и использования систем искусственного интеллекта в отрасли, определены их цели от использования данных систем.

Концепция отражает взаимосвязи субъектов и объектов, инструментов и результатов внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Это позволяет определять общий замысел, направления

действий по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, служит основанием для разработки дальнейших шагов и решений по совершенствованию экономической и организационной деятельности.

3. Разработана научно обоснованная классификация систем искусственного интеллекта применительно к экономике аграрного производства, учитывающая особенности их применения и тенденции развития.

Признак «по областям применения» отражает конкретные области, виды деятельности организаций сельского хозяйства, государственных органов, осуществляемые с применением систем искусственного интеллекта. Таковыми являются: управление водными ресурсами, анализ состояния почвы, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, выявление и идентификация болезней растений, выявление и идентификация сорняков, выявление и идентификация насекомых-вредителей, уборка сельскохозяйственных культур, прогнозирование продуктивности и поведения животных, анализ финансово-экономических показателей развития отрасли.

По признаку «метод обработки информации» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве можно классифицировать по конкретным техническим решениям в их основе, среди которых можно выделить нейронные сети, обучение на примере, деревья решений, эволюционные и генетически алгоритмы, муравьиные алгоритмы, кластеризацию, машины опорных векторов, метод Байеса и другие.

По «функциям контура управления» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве, предложено классифицировать на системы: с обратной связью, реального времени, адаптивные, поддержки принятия решений, идентификации и диагностики, логического вывода, прогнозирования и другие.

По признаку «специализация» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве, предполагает их деление по способности и потенциалу решать определенные виды задач в сельском хозяйстве и позволяет классифицировать на экспертные системы, системы компьютерного зрения,

роботизированные комплексы, беспилотные аппараты и прочие.

Классификации систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве «по степени автономности» отражает их способность принимать решения без участия человека и позволяет делить на автономные, встроенные и гибридные системы.

По признаку «комплексности» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве, можно классифицировать по уровню сложности выполняемых задач и количеству данных, которые они могут обрабатывать и позволяет выделить мультимодальные модели, технологии анализа больших данных, интернет-вещей, системы жизненного цикла, системы распределенного управления и прочие.

По признаку «по сферам применения» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве, можно классифицировать на применяемые в субъектах хозяйствования, и системы, применяемые органами управления отраслью на разных уровнях.

Классификация «по уровню готовности к использованию» систем искусственного интеллекта отражает определенные этапы их жизненного цикла и позволяет их разделить на используемые в настоящее время, находящиеся в процессе разработки и перспективные.

Использование классификации позволяет: определять приоритетные направления развития инновационного сельскохозяйственного производства; выделять наиболее значимые и перспективные системы; получать представление о рисках их внедрения; систематизировать ожидания, связанные с развитием систем; определять границы их применимости; выбирать оптимальные системы для решения задач производства и управления отраслью.

4. Выделены (экономические, социальные, народнохозяйственные, технико-технологические и др.) эффекты от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и виды затрат на их создание и использование. Определена ресурсная база внедрения и использования данных систем, а также генераторы ресурса, позволяющие создавать новые ресурсы или повышать

экономическую эффективность использования имеющихся ресурсов.

Предложена методика определения приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, которая, по мнению автора, определяется:

- максимизацией экономического эффекта от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;
- максимизацией доли рабочих мест с доступом к сети Интернет
- максимизацией доля данных, получаемых автоматическим способом, может оказать значительное влияние на приоритетность направления внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Разработана методика определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта, которая основывается на экспертной оценке ряда факторов, варьирующихся в зависимости от специфики внедряемых систем.

Разработана методика оценки деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства включающая показатели:

- сроки внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства;
- ресурсоемкость внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства;
- объем данных, полученный с применением систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства;
- масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства;
- достижение системами искусственного интеллекта проектных показателей функционирования в организации сельского хозяйства.

Предложена методика оценки экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве включающая показатели:

- экономическую эффективность снижения расходования ресурсов за счет применения систем искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность мероприятий по повышению урожайности культуры за счет применения систем искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность мероприятия по внедрению системы планирования деятельности организации с использованием систем искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность повышения качества сельскохозяйственной продукции за счет применения системы искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность мероприятий по повышению производительности труда за счет применения системы искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность мероприятия по повышению продуктивности животных за счет применения системы искусственного интеллекта.

Использование методологии позволяет определять целесообразность и потенциал внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, осуществлять качественные и количественные оценки деятельности по внедрению этих систем, эффективность их использования.

5. Разработан организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве осуществить управление данной деятельностью. Эту деятельность, по мнению автора, целесообразно разделить по направлениям, на несколько отдельных блоков.

Организационно-управленческий блок направлен на выявление и оценку наиболее приоритетных направлений и целей внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, позволяет повышать эффективность деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в отрасли, обеспечивать координацию и управление

этой деятельностью.

Финансово-экономический блок включает элементы, связанные с финансовыми и экономическими аспектами деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и позволяет обеспечить положительные финансовые результаты функционирования сельского хозяйства в условиях внедрения и использования систем искусственного интеллекта.

Технико-технологический блок предназначен для непосредственного внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и позволяет реализовать потенциал систем искусственного интеллекта для оптимизации производственных и управленческих процессов в организациях отрасли.

Правовой блок внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве охватывает набор правовых и регуляторных инструментов, обеспечивающих безопасное и ответственное их применение в отрасли.

Мотивационный блок представляет собой совокупность практик и подходов, направленных на стимулирование заинтересованных сторон процесса внедрения систем искусственного интеллекта в организации отрасли.

Социальный блок ориентирован на объективный учет, улучшение социальных аспектов и последствий внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство, позволяет создать благоприятные социальные условия и анализировать последствия внедрения и применения систем искусственного интеллекта для работников организаций сельского хозяйства и населения сельских территорий.

Успешное функционирование организационно-экономического механизма внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве предполагает обеспечение устойчивых связей между указанными блоками и соответствующими им функциями, разумную последовательность их реализации. Использование механизма позволяет активизировать деятельность по внедрению систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственное производство.

6. Разработана матрица сценариев развития систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве с учетом активности организаций отрасли во внедрении данных систем и технологической политики государства, что позволяет органам государственного управления определять научно обоснованную стратегию и политику внедрения и использования систем искусственного интеллекта в аграрной сфере экономики. В качестве основных критериев для разработки сценариев выступили затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, специфика подготовки кадров для отрасли с учетом применения этих систем, создание необходимой инфраструктуры, элементы развития самих систем искусственного интеллекта и другие. На основе матрицы сценариев выполнен прогноз применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Среднего Урала до 2030 г. Согласно инновационному сценарию предполагается активизация деятельности организаций сельского хозяйства региона по внедрению систем искусственного интеллекта, адекватную государственную поддержку данной деятельности.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Предложенная совокупность теоретических положений дает приращение знаний в области функционирования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, что может быть использовано в дальнейших исследованиях этих систем как в сельском хозяйстве, так и в других отраслях АПК и народного хозяйства. Практическая значимость исследования состоит в разработке методических рекомендаций по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, что позволит активизировать данную деятельность.

Результаты и выводы исследования могут быть использованы:

- законодательными и исполнительными органами субъектов федерации при разработке и реализации программ внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;
- организациями сельского хозяйства при внедрении и использовании систем искусственного интеллекта;

– образовательными организациями аграрного профиля при подготовке профессиональных кадров и проведении исследований.

Апробация и реализация результатов исследования. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательской работы Уральского государственного экономического университета. Основные положения и результаты исследования докладывались на международных и всероссийских научно-практических конференциях в Екатеринбурге (2016, 2020, 2021, 2022, 2023), Рязани (2013), Тюмени (2015), Казани (2015), Санкт-Петербурге (2016), Минске (2017).

Апробация результатов работы проходила на предприятиях АПК Свердловской области. Методические положения и практические рекомендации внедрены в деятельность СПК «Птицесовхоз “Скатинский”», ООО «Юбилейная», ООО «Ямовский». Научно-методические рекомендации приняты к рассмотрению и внедрению Министерством агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области.

Полученные выводы и результаты исследования нашли применения в учебном процессе и научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Материалы исследования используются при проведении лекционных и практических занятий, написании курсовых и выпускных квалификационных работ.

Автор являлся участником научных проектов: «РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00636 А «Пространственное развитие роботизации сельского хозяйства России: тенденции, факторы, механизмы».

Автор является исполнителем гранта РНФ по теме «Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях жестких внешнеэкономических ограничений».

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 75 научных работах, из них 4 монографии (в том числе 3 – авторские и 1 раздел в коллективной монографии), 18 статей в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных Scopus и WoS, 33 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Общий объем публикаций – 100,0 п.л. (в том числе

авторских – 46,1 п.л.), из них в изданиях, рекомендованных ВАК РФ – 32,6 п.л. (в том числе авторских – 11,8 п.л.).

Структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, приложений. Работа представлена на 301 страницах компьютерного текста, содержит 32 таблицы, 31 рисунка, 4 приложения. Список использованных источников включает 307 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность выбранной темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показаны предмет и объект исследования, его теоретическая и информационная базы. Отражены научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** рассмотрен генезис систем искусственного интеллекта с учетом особенностей их применения в сельском хозяйстве. Выполнен анализ состояния и проблем развития отечественного сельского хозяйства на современном этапе, обоснована объективная необходимость и выделены предпосылки внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Разработаны теоретические аспекты применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Предложена концепция применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, включающая цель, задачи, принципы, методы, и инструментарий применением данных систем в сельском хозяйстве. Выполнен анализ нормативного и правового регулирования применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Во **второй главе** выполнен анализ публикаций по проблемам внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Выполнен анализ основных направлений исследований применения данных систем в сельском хозяйстве. Разработана научная классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве. Выполнен анализ факторов, влияющих на применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

В третьей главе разработана методология оценки деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта. Разработана методика определения приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, методика определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению данных систем. Предложены методика оценки деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства, методика оценки экономической эффективности использования данных систем в сельском хозяйстве.

В четвертой главе выполнена оценка готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта. Выполнен анализ деятельности по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Разработан организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Представлены основные сценарии внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

В заключении обобщены основные результаты проведенного исследования, сформулированы выводы и рекомендации.

Приводится список сокращений и словарь вводимых понятий и определений.

В приложениях представлены материалы и статистические данные, иллюстрирующие и дополняющие отдельные положения диссертационной работы.

ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

1.1 Генезис систем искусственного интеллекта с учетом их применения в сельском хозяйстве

Понятие «искусственный интеллект» (от англ. Artificial intelligence, AI) имеет давнюю историю происхождения. Начиная с появления в 1940-х годах первых ЭВМ специалисты в данной области прогнозируют появление компьютера, который будет иметь параметры работы, сопоставимые по уровню выполняемых операций с человеческим уровнем. В 1960-е годы крупные специалисты в области компьютерных наук прогнозировали возможность создания искусственного интеллекта в течение нескольких десятилетий [272; 291]. При этом имели в виду «техническую систему, наделенную здравым смыслом, обладающую способностью к обучению и развитию, умеющую ставить цели (планировать действия) и комплексно обрабатывать информацию, собранную в разных источниках – реальных и теоретических» [272]. Первыми исследователями систем искусственного интеллекта прогнозировалось создание сверхразума, который во многом превзойдет уровень человеческого мышления [254].

Можно выделить несколько этапов развития исследований в области систем искусственного интеллекта и их применения в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в сельском хозяйстве. Эти этапы можно охарактеризовать как периоды высокого и низкого внимания к этой области исследований, которые неоднократно сменяли друг друга [79]. Зарождение исследований проблем искусственного интеллекта связывают с проводившимся в 1956 г. в Дартмутском колледже (США) научным семинаром. На этом семинаре обсуждалась теория исследования искусственных нейронных сетей, теория автоматизации и сущности интеллекта. Американским ученым ирландского происхождения Джоном Маккарти было предложено понятие «искусственный интеллект», которое

представляет собой «построение искусственных систем, способных работать на уровне “здорового смысла”» [269]. Проведение Дартмутского семинара принято считать точкой отсчета новой области науки – искусственного интеллекта. В последующие два десятилетия происходит бурный рост количества исследований по проблемам искусственного интеллекта. Период с 1956 г. до начала 1976 г. принято называть «золотым веком» теории искусственного интеллекта, поскольку в это время происходит создание научной базы в данной области исследований. При этом основными направлениями развития искусственного интеллекта были математическая логика [84] и нейронные сети.

Начало первого этапа развития теории искусственного интеллекта в СССР можно отнести к концу 1950-х – началу 1960-х годов. Этот период связан, прежде всего, с работами А.А. Ляпунова и его коллег [26], которые создали первые экспертные системы на основе правил. Советский ученый А.Г. Ивахненко получил мировую известность за работы в области перцептронов (искусственных нейронов) [54] и создание одного из первых в истории алгоритмов глубокого обучения. Советский ученый А.И. Галушкин получил всемирную известность за создание многослойных нейронных сетей [38]. В 1960-е годы ряд прорывных работ в области искусственного интеллекта выполнены в МГУ и Академии наук СССР под руководством Д.А. Поспелова и В.Н. Пушкина [110]. В этот период выдающийся отечественный математик Ю.С. Маслов предложил так называемый «обратный метод» в математической логике (впоследствии названный его именем [82]), который позволил обучить ЭВМ процессу принятия решений. Однако в 1960-е годы говорить о непосредственном применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве было преждевременно, поскольку научное направление находилось на начальном этапе развития.

Второй этап развития систем искусственного интеллекта в СССР продолжался с начала 1970-х годов до 1991 г. Этот период отличался как значительным прогрессом в развитии теории искусственного интеллекта, так и началом применения этих систем в сельском хозяйстве. Его можно охарактеризовать как расцвет развития систем искусственного интеллекта в

нашей стране. Впечатляющий прогресс развития систем искусственного интеллекта позволил прогнозировать их применение в народном хозяйстве, в том числе в сельском хозяйстве. В 1971 г. известные советские ученые А.Г. Ивахненко и В.Г. Лапа сделали прогноз появления беспилотного транспорта, домашних роботов, автоматической диагностики болезней и других областей применения систем искусственного интеллекта. «Уже в 1990 г. кибернетические системы автоматизированного управления производством (в масштабе завода, отрасли и всей страны) сократят потребность в рабочей силе на 50%, т.е. рабочая неделя может быть снижена до трех рабочих дней» [53].

В 1970-е годы происходит дальнейшее развитие методологии систем искусственного интеллекта. В словаре по кибернетике под редакцией академика В.М. Глушкова в 1974 г. сформулировано понятие «искусственного разума как системы произвольной природы, предназначенной для решения сложных задач широкого класса» [210]. По мнению ученого, задачи для искусственного разума можно ставить в строгой форме и на содержательном уровне; сформулировать их можно в терминах как какого-либо формального, так и естественного языка. Термин «искусственный разум» используют, кроме того, для обозначения класса автономных технических «систем, реализующих операции восприятия, хранения и переработки информации и формирующих на этой основе целесообразное поведение в широком классе сред. В полном объеме системы такого типа не реализованы. Поэтому термин “искусственный разум” часто используют и для обозначения области научных исследований и проблем, связанных с построением систем указанного типа» [210]. По мнению ученого, проблематика искусственного разума включает в себя задачу построения теории «разумных» автоматов и разработку средств для их реализации. Теоретические разработки ведутся в двух основных направлениях. Первое связано с «проблемой автоматизации отдельных интеллектуальных действий человека (игры, доказательства теорем и т. п.). Целью исследований является разработка приемов и построение специализированных устройств и конкретных программ для ЭВМ, обеспечивающих решение сложных математических и логических задач» [210].

Это направление известно под названием «искусственный интеллект». Второе направление теоретических «разработок связано с проблемой построения искусственного разума путем моделирования его биологического прототипа – человека» [210]. Этим направлением в основном занимается феноменологическое и психологическое моделирование.

Всемирно известный ученый из Новосибирска Н.Г. Загоруйко в 1975 г. отметил предсказательную способность систем искусственного интеллекта на основе «закономерностей, обнаруживаемых на множестве ранее известных фактов» [51]. Эффективность этой предсказательной возможности во многом зависит от полноты описания проблемной ситуации, т.е. данных. Ученый подчеркивал универсальность предсказательных способностей систем искусственного интеллекта. Последние могут быть использованы в самых разных областях – «от игры в шахматы до применения в роботах-сборщиках» в сельском хозяйстве. В ряде его статей отражены общие теоретические подходы и дискуссия о проблемах теории искусственного интеллекта. Эта проблема до настоящего времени является актуальной для ряда областей знания, в том числе кибернетики, биологии, психологии, логики и т.д. [45].

Советский ученый из города Кишинев Ю.Н. Печерский в 1981 г. обобщил теоретические аспекты развития систем искусственного интеллекта. Он отметил, что большой вклад в развитие исследований «машинного разума» в 1950–1960-е годы сделали советские ученые Ю.Т. Медведев, А.А. Ляпунов, А.Н. Колмогоров, Н.М. Амосов и В.М. Глушков. В конце 1950-х годов были получены важные конструктивные результаты в области эвристического программирования. Сущностная сторона этих разработок состояла в том, что системы искусственного интеллекта способны решать задачи без учета их содержательной функции. Развитие теории искусственного интеллекта в практическом отношении состоит, прежде всего, в создании «различных типов роботов – машин с зачатками интеллекта» [117]. Эти роботы должны заменять людей на тяжелых участках производства, одним из которых, без сомнения, является сельскохозяйственное производство.

В 1985 г. советский ученый Л.Т. Кузин отметил высокие темпы роста рынка систем искусственного интеллекта [60]. «Темпы прироста рынка экспертных систем составили 86%, распознавания образов – 60%, аппаратных средств – 54%, роста рынка систем искусственного интеллекта в целом составил 68%». По мнению ученого, теоретический уровень разработанности систем искусственного интеллекта позволяет сделать вывод о возможности их внедрения во всех сферах человеческой деятельности. Этот процесс знаменует поворотный этап в развитии человечества. Внедрение систем искусственного интеллекта во все сферы человеческой деятельности, вероятно и в сельское хозяйство, позволит резко повысить производительность труда. При этом продукт, произведенный с применением систем искусственного интеллекта, существенно качественнее произведенного по традиционной технологии. «Предприятие или страна, обладающая интеллектуальной технологией, в конкурентном плане опережает тех, кто этой технологией не обладает». По мнению ученого, развитие индустрии искусственного интеллекта является важнейшим средством ускорения научно-технического прогресса.

Советский ученый из Новосибирска Ю.О. Коган в 1986 г. определил интеллектуальные системы как «системы, в которых осуществляется процесс мыследеятельности» [86]. По его мнению, к искусственно созданным объектам неприменимы атрибуты «антропoidности», что делает неуместным употребление термина «интеллектуальные» по отношению к машинам. При этом системы искусственного интеллекта (экспертные системы) – это системы, «которые дают возможность получать в процессе решения практических задач результаты, сопоставимые с выводами, полученными на основе тех же данных компетентными специалистами».

Известный советский ученый И.Я. Силдмяэ из города Тарту в 1989 г. отметил, что ученые в это время создают системы искусственного интеллекта, не исследовав до конца феномен естественного интеллекта. «Пока нет представления о человеческих знаниях и их структуре, о том, как происходит оперирование знаниями, создание основанных на знаниях искусственных систем и общение с

ними с помощью диалога на естественном языке как выразителе человеческих знаний невозможно» [150]. В своем исследовании ученый предложил «подход на формирование знаний, на сущность знаний и оперирование ими – мышление». Хотя исследования И.Я. Силдмяз в основном были направлены на распознавание речи, машинный анализ текста, он внес существенный вклад в развитие систем искусственного интеллекта.

Советские ученые К.А. Багриновский и В.В. Логвинец в 1989 г. отмечают, что проблемы в развитии отечественной экономики, в том числе падение производительности труда, объемов производства в ряде секторов экономики, связаны, прежде всего, с недостатками действующей системы планирования и управления народным хозяйством [24]. Традиционные методы планирования с использованием экономико-математических моделей приводили к существенному огрублению процесса развития и размещения отраслевого производства. Совершенствование этих моделей, предложенных Л.В. Канторовичем в 1941 г., шло по пути «максимизации выполнения программы при данных ресурсах». Эволюционное развитие экономико-математических моделей отраслевого хозяйства привело к экспоненциальному росту их сложности. При этом некоторые экономические процессы не попадали в сферу деятельности этих моделей, а другие – были весьма абстрактными. Эти аспекты вызывали необходимость разработки и применения интеллектуальных систем отраслевого планирования, в том числе на основе систем искусственно интеллекта.

«В 1980-е годы значительное развитие и распространение получили так называемые «экспертные системы» – одна из технологий искусственного интеллекта – компьютерные программы, способные заменять человека в решении сложных производственных задач» [58]. Эти программы начали разрабатывать еще в 1960-е годы, а коммерческое распространение они получили в начале 1980-х, прежде всего в медицине и юриспруденции. Так, в Стэнфордском университете была создана экспертная система «Mycin» [275], способная с высокой точностью определять диагноз больного и предлагать варианты лечения. Довольно высокими темпами экспертные системы внедрялись в промышленности. В этот период

также получили дальнейшее развитие многослойные нейронные сети и появились возможности их обучения [67]. Хотя простые модели нейронных сетей были известны с конца 1950-х годов, ренессанс в этой области начался после создания метода обратного распространения ошибки, который позволил обучать многослойные нейронные сети [303; 286]. Этот период ознаменовался превращением систем искусственного интеллекта в прикладной инструмент, использование которого позволяло существенно повысить эффективность выполнения различных процессов.

По мнению ученых того времени, появление искусственного интеллекта и экспертных систем приведет к изменению парадигмы сельскохозяйственного производства. Прежде всего, оно состоит в том, что человек перестанет быть основным звеном в трудовом процессе. Развитие искусственного интеллекта и его применение в роботизированных устройствах позволит изменить организацию трудового процесса, сделает возможными безбумажные технологии обработки информации. В перспективе применение искусственного интеллекта позволит освободить пользователя от программирования решения задач. В дальнейшем экспертные системы нашли применение во многих сферах от медицины до космонавтики, также получили распространение и в сельском хозяйстве.

Советский ученый М. Рот отмечал, что к началу 1990-х годов насчитывалось более 150 различных областей, в которых с успехом использовались экспертные системы. Примерно в 20% этих областей экспертные системы применялись «чрезвычайно успешно, а в некоторых случаях можно даже считать, что без их использования решение рассматриваемых проблем было бы невозможным» [131]. Наиболее сложными являются экспертные системы для распознавания образов, в том числе используемые в сельскохозяйственной робототехнике. По мнению ученого, применение систем искусственного интеллекта ознаменует новый уровень развития производительных сил, объединяющий вещество, энергию и информацию. Преобразования общества, вызванные появлением систем искусственного интеллекта, затронут «как технологии, так и товары и, прежде всего, средства познания».

Советскими учеными С.Ю. Соловьевым, Г.Н. Соловьевой и другими в 1986 г. была создана экспертная система ФИАКР, поддерживающая процесс принятия решений в задачах диагностики заболевания растений, в частности томата [179]. На содержательном уровне эта экспертная система ФИтоАКтиваторов Растений по морфологическому описанию томата (ФИАКР–Т) определяла характерные для него соотношения между фитогормонами. Описание проблемной области содержало сотни атрибутов, разделенных на непересекающиеся классы. К ним относятся форма листа, окраска, размер, рассеченность и др. Однако остается неясным вопрос практического использования этой экспертной системы в сельском хозяйстве.

К началу 1990-х годов произошло некоторое переосмысление сущности и развития систем искусственного интеллекта. Советский ученый В.Н. Ильин в 1990 г. сформулировал подход, согласно которому «теория искусственного интеллекта – это научная дисциплина, задачей которой является разработка математических описаний функций человеческого интеллекта с целью их программной или аппаратурной реализации» [56]. По его мнению, термин «искусственный интеллект» не является удачным, и вместо него ученые предпочитали применять термин «новые информационные технологии решения инженерных задач», однако для краткости использовали прежний термин. Он считал, что в теории искусственного интеллекта можно выделить ряд направлений: философское, биологическое, имитационное, информационное, инженерно-техническое.

Советские ученые Н.Н. Ефимов и В.С. Фролов в 1991 г. отметили высокий интерес во всем мире к исследованию развития систем искусственного интеллекта. Ученые выделили так называемый «Японский вызов» в конце 1970-х годов – японскую программу создания ЭВМ пятого поколения, способную понимать речь человека, идентифицировать тексты и рисунки, выдвигать гипотезы и предположения. Активная фаза разработок ЭВМ пятого поколения началась «в 1982 г. (продолжалась до 1992 г.). США, обеспокоенные успехами Японии в развитии искусственного интеллекта, в спешном порядке создали свою

“Стратегическую компьютерную программу”, действовавшую с 1983 г. (продолжалась до 1993 г.)» [35]. В Европе стали развиваться такие же программы, в том числе межгосударственный проект ESPRIT (с 1983 по 1998 г.). В Советском Союзе в «Комплексной программе научно-технического прогресса стран-членов СЭВ до 2000 г.» самым приоритетным направлением явилось создание супер-ЭВМ на принципах искусственного интеллекта. Основное направление этой машины – управление экономикой страны и решение особо сложных научных задач. Н.Н. Ефимов и В.С. Фролов особенно подчеркивают, что «искусственный интеллект» – это не более чем метафора, употребляемая для краткости обозначения данной области исследования. По их мнению, компьютеры не могут обладать интеллектом в принципе, поскольку этот термин применим только к биологическим системам. Области применения систем искусственного интеллекта самые разнообразные – от обыгрывания «живых перворазрядников» в шахматы до планирования развития экономики страны, в том числе, вероятно, сельского хозяйства.

Всемирную известность получили работы Д.А. Поспелова за развитие методология ситуационного управления на основе систем искусственного интеллекта [126]. Д.А. Поспеловым и В.Н. Пушкиным было убедительно показано, что кибернетическая реализация психологических исследований [127] может принести значительный практический эффект. По мнению Д.А. Поспелова, искусственный интеллект представляет собой науку на стыке естественных, технических и гуманитарных наук, что позволяет считать это научное направление междисциплинарным.

Системы искусственного интеллекта получили мощный импульс к развитию в связи с исследованиями в области робототехники. Эти исследования продолжались с начала 1970-х годов до 1991 г. Советские ученые Э.В. Попов, Г.Р. Фирдман в 1976 г. отмечали, что первый этап развития искусственного интеллекта связан с разработкой теории эвристического поиска [123]. Эти относительно простые задачи в целом были решены в конце 1960-х годов. Возникла необходимость испытать результаты этих исследований на более

сложных и реальных задачах. Второй этап развития систем искусственного интеллекта связан с их применением в роботах, что потребовало «моделирования внешнего мира». Проблема разработки роботов, способных выполнять операции в сложных средах, выдвинула ряд новых проблем в развитии систем искусственного интеллекта. Прежде всего, методы эвристического поиска не справлялись с поставленными задачами, что потребовало дальнейшего развития их теории. На этом этапе развития систем искусственного интеллекта были созданы роботы с рядом ограничений, функционирующие в «статических и замкнутых мирах». Это были стационарные и используемые в помещениях роботы, прежде всего в промышленности. Необходимость применения роботов в сложных средах, на открытой местности, например в сельском хозяйстве, привела к дальнейшему развитию систем искусственного интеллекта. Отличительными особенностями этих систем явились «работа в открытых динамических мирах», «повышение степени автономности роботов», «построение роботами сложных планов». Таким образом, эволюция робототехники и развитие систем искусственного интеллекта играют взаимодополняющую роль.

Еще в 1970-е годы в киевской научной школе роботостроения была поставлена весьма амбициозная задача по созданию роботов с искусственным интеллектом. «На этапе проектирования в подсистемы управления роботами закладываются данные, обеспечивающие возможности выполнения ими различных видов деятельности (поисковой, исследовательской, транспортной и т.д.)» [13]. В том числе роботы должны быть оборудованы системами распознавания образов, ориентироваться в условиях сложного рельефа местности. Это предполагало возможность их использование в сельском хозяйстве. Серия статей советских ученых из Киева посвящена теоретическим исследованиям использования машинного зрения для систем навигации автономных роботов [20]. По задумке ученых, роботы на основе машинного зрения должны ориентироваться в том числе при передвижении по пересеченной местности. Это предполагает значительный потенциал их применения в сельском хозяйстве.

Однако в конце 1970-х годов говорить о практическом воплощении таких роботов в отрасли было преждевременно.

Советскими учеными в Институте кибернетики в городе Киев в 1988 г. исследованы вопросы автоматического позиционирования положения робота с учетом рельефа местности, а также способы машинного представления сред с препятствиями в задаче планировании движения манипулятора. Решение этих задач способствовало развитию применения роботов с элементами искусственного интеллекта в сложных средах, к которым можно отнести сельское хозяйство. Так, представитель киевской научной школы советский ученый А.М. Касаткин в 1989 г. отмечал, что в соответствии с планом экономического и социального развития СССР на 1985–1990 гг. предусматривается повышение уровня автоматизация производства в 2 раза. Согласно этому плану «намечена разработка 50 новых базовых моделей роботов, 38 роботизированных технологических комплексов, 17 автоматизированных цехов и участков, оснащенных роботами». Важнейшим направлением создания роботов является их очувствление на основе систем машинного зрения, что позволит резко повысить способность роботов действовать в неизвестной среде. Это позволит повысить эффективность роботов и расширить области их функционального использования. В соответствии с этим планом к 1998 г. должны были появиться роботы с системами искусственного интеллекта «в рыбоводстве и на искусственных рыбофермах, управлении работой ферм и отловом рыбы» [63].

Советский ученый А.М. Кондратов в 1989 г. выделил три поколения роботов, первое – программные роботы, второе – очувствленные, третье – интеллектуальные [69]. Интеллектуальные роботы работают с системами искусственного интеллекта, в том числе ориентируются в пространстве, используя машинное зрение. Ученый отмечал, что в 1987 г. такие роботы в городе Москва поставляют заготовки на металлорежущий станок, в Тирасполе интеллектуальные роботы заменяют литейщиков, в Риге – изготавливают радиоприемники, в Саратове – холодильники, в Ленинграде – приборы. «В одном из колхозов Ленинградской области робот “Эврика” грузит кочаны капусты

в контейнеры, под Москвой успешно прошел испытания робот, собирающий огурцы». Развитие систем искусственного интеллекта позволит расширить сферы применения роботов, в том числе сделает возможным их использование в сельском хозяйстве.

Советский ученый Г.А. Спыну из города Киев обобщил опыт развития интеллектуальных роботов для сельского хозяйства [180]. В 1989 г. ученый отметил, что создание мобильных роботов, которые могут перемещаться по большим площадям, является технически сложной и экономически нецелесообразной задачей. Наибольших успехов советская школа роботостроения для сельского хозяйства достигла в создании роботов для животноводческих помещений. Создание роботов для сельского хозяйства осложняется тем, что накопленный опыт разработки и применения роботов для промышленности не применим, поскольку существенно отличаются условия их эксплуатации. Однако развитие систем искусственного интеллекта, в частности машинного зрения, сделали процесс применения роботов в отрасли возможным. Ученый отмечал, что в Московском институте инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина создан опытный образец робота для обслуживания скотоводческих ферм МАР-1. Этот робот имел 2 руки (манипулятора), способные поднимать предметы весом до 75 кг, и тактильные датчики. В памяти робота была записана информация о технологическом пространстве помещений. Робот выполнял функции по очистке стойл, раздаче корма свиньям, дезинфекции помещений. Также был разработан проект птицеводческого робота МПЦР-1. В его задачи входили функции по сбору яиц, закладке их в инкубатор и подготовке к отправке в торговую сеть. Захват яиц осуществлялся при помощи «вакуумного рабочего органа».

Разработки систем искусственного интеллекта и интеллектуальных роботов в Институте кибернетики в городе Киев продолжились вплоть до 1991 г. Киевские ученые исследовали вопросы управления подвижными роботами с использованием нейронных сетей. Эти разработки были направлены на решение задач управления автономными роботами в условиях сложной естественной

среды [20]. Без сомнения, примерами таких сред являются условия производства в сельском хозяйстве. К сожалению, не известно о практической реализации этих разработок, что, вероятно, может быть связано с распадом Советного Союза.

В Советском Союзе с 1985 г. по инициативе Г.С. Поспелова «был создан Научный совет по проблеме “Искусственный интеллект” (10 сентября 1986 г. при Президиуме АН СССР). В 1988 г. была сформирована «Ассоциация искусственного интеллекта» [21] (АИИ), президентом которой единогласно был также избран Д.А. Поспелов» [28]. В этот период СССР по уровню теоретических исследований искусственного интеллекта находился на общемировом уровне. Примерно в этот период Г.С. Поспелов и его ученики (В.Н. Вагин, Г.С. Осипов, В.Ф. Хорошевский, АН. Аверкин, А.Ф. Блишун, И. В. Ежкова, Л. В. Литвинцева и др.) создали теорию нечетких множеств. Это позволило разработать математические модели человеческих рассуждений, которые характеризуются неполнотой, неточностью, недетерминированностью и т.д. Впоследствии советскими учеными было создано новое «направление – “мягкие измерения” на основе мягких вычислений (нечеткие системы [18], генетические алгоритмы), субъективных байесовских измерений и пр. Их можно было использовать для моделирования и мониторинга сложных природных комплексов и экосистем» [21,22]. В СССР ежегодно проводились семинары, конференции, симпозиумы по проблемам развития искусственного интеллекта. Однако в практическом плане применения систем искусственного интеллекта в народном хозяйстве наметилось отставание на 3–5 лет от общемирового уровня.

В 1991 г. академик Г.С. Поспелов сделал следующие прогнозы развития систем искусственного интеллекта. «Широкое внедрение систем искусственного интеллекта, компьютеров, связанных между собой, позволит представителям многих профессий не ходить на работу. Исчезнут многие конторы, лаборатории, институты. Их сотрудники, сидя дома за терминалом, смогут в удобное время выполнять всю нужную работу, связываясь с коллегами при необходимости по электронной почте, а со временем и по видеоканалам. Общие совещания и собрания сумеет обеспечить тот же видеоканал» [31]. Таким образом, было

спрогнозировано существенное изменение сущности труда с развитием систем искусственного интеллекта, которое наблюдается в настоящее время, в том числе в аграрном секторе экономики (таблица 1).

Таблица 1 – Основные этапы развития систем искусственного интеллекта в СССР и РФ с учетом применения в сельском хозяйстве

Периоды	Название	Содержание этапа
1956–1970 гг.	Зарождение и развитие общей теории искусственного интеллекта	Создание в СССР первых экспертных систем на основе правил. Исследование в области перцептронов и многослойных нейронных сетей. Разработка «обратного метода» в математической логике. Отсутствие исследований и оценок применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве
1970–1991 гг.	«Золотой век» развития систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства	Превращение искусственного интеллекта в междисциплинарную науку на стыке естественных, технических и гуманитарных наук. Развитие теории нечетких множеств, мягких измерений. Появление в Советском Союзе нескольких конкурирующих научных школ по исследованию систем искусственного интеллекта, в том числе с учетом применения в сельском хозяйстве. Разработка интеллектуальных роботов с системами искусственного интеллекта, машинным зрением для сельского хозяйства (робот для обслуживания скотоводческих ферм МАР-1, проект птицеводческого робота МПЦР-1). Разработка экспертных систем для сельского хозяйства (экспертная система по диагностике заболеваний томата ФИАКР – Т). Развитие методологии ситуационного управления на основе систем искусственного интеллекта. Высокая заинтересованность высшего руководства в развитии этих систем. Планирование создания к 2000 г. «супер-ЭВМ с использованием принципов искусственного интеллекта для управления народным хозяйством, в том числе сельским хозяйством. Отставание от западных стран в практическом применении систем искусственного интеллекта» [194] в народном хозяйстве. Создан Научный совет по проблеме «Искусственный интеллект» (10 сентября 1986 г. при Президиуме АН СССР)
1991-2012 гг.	Снижение исследовательской активности в области систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства	Снижение финансирования исследований систем искусственного интеллекта, разрыв научных связей со странами, входившими в СССР. Снижение заинтересованности высшего руководства в развитии систем искусственного интеллекта и их отраслевом применении. Появление возможности обучения многослойных нейронных сетей. Трансформация термина «искусственный интеллект», использование этих технологий для решения конкретных ограниченных задач. Развитие теоретических разработок искусственного интеллекта. Применение системы искусственного интеллекта (метод анализа иерархий) для

Продолжение таблицы 1

Периоды	Название	Содержание этапа
		выбора оптимальной организационно-правовой формы для перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса. Начало коммерческого применения систем искусственного интеллекта в отрасли (доильная робототехника зарубежного производства). Создание Российской ассоциации искусственного интеллекта (РАИИ) (зарегистрирована Минюстом РФ 19 октября 1992 г. № 1304)
2012 г. по настоящее время	Современный этап развития систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства	Существенный прогресс в обучении сверточных многослойных нейронных сетей, расширение их использования в сельском хозяйстве. Значительный рост количества исследований по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Высокая заинтересованность высшего руководства в развитии систем искусственного интеллекта и их отраслевом применении. Развитие нормативно-правовой базы применения систем искусственного интеллекта. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г.». В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р предполагается к 2030 г. «автоматизация с применением систем искусственного интеллекта не менее 5 процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах» [194]

Источник: составлено автором

Очередной этап развития систем искусственного интеллекта в России условно длился с 1991 по 2012 г. В этот период наблюдалось снижение активности исследований в данной области. Наиболее активно исследовались генетические алгоритмы, генетическое программирование и нейронные сети, которые устраняли недостатки жестких систем предыдущего этапа. С распадом Советского Союза была создана Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ) (зарегистрирована Минюстом РФ 19 октября 1992 г. № 1304). Ассоциация объединяет ученых России и стран СНГ. В РФ Ассоциацией проведено 18 национальных конференций. Основные задачи данной организации: поддержка и продвижение отечественных теоретических и прикладных исследований и разработок, мониторинг тенденций и определение перспектив развития теории, прикладных исследований и разработок и другие.

В этот период продолжается разработка методологических аспектов применения систем искусственного интеллекта. В соответствии с подходом ряда известных российских ученых (А.Н. Аверкин, М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Пospelов) уточнено понятие искусственного интеллекта как «научного направления, в рамках которого ставятся и решаются задачи аппаратного или программного моделирования тех видов человеческой деятельности, которые традиционно считаются интеллектуальными» [12]. Этой группой ученых предложен подход к определению интеллектуальных систем, основным свойством которых является способность выполнять «функции (творческие), которые традиционно считаются прерогативой человека. При этом интеллектуальная система – это техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока – базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс, позволяющий вести общение с ЭВМ без специальных программ для ввода данных». Следует отметить, что эти ученые внесли большой вклад в развитие теории искусственного интеллекта (мягких вычислений и т.д.), их работы широко известны за рубежом, однако они непосредственно не занимались вопросами использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Имеются примеры прикладного применения систем искусственного интеллекта. Российские ученые М. Г. Матвеев, А. С. Свиридов, Н. А. Алейникова использовали системы искусственного интеллекта в экономике. «В экономике экспертные системы нашли применение при решении задач, прежде всего в области планирования управления. Среди них система IMACS, разработанная корпорацией DEC, которая помогает руководителям промышленного производства» [83] в решении задач по управлению производством. «Система ISIS, разработанная университетом Карнеги-Меллон, строит план выполнения промышленного заказа на заводах по производству деталей турбин. Система PTRANS помогает управлять производством и распределением компьютерных

систем компании DEC (университета Карнеги-Меллон)» [83]. Российскими учеными разработана система искусственного интеллекта по выбору организационно-правовой формы для перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса с использованием метода анализа иерархий. Основная цель системы – «обеспечение наибольшей степени экономической безопасности инвестиций. Использование этой системы предполагает выбор организационно-правовой формы, которая обеспечивает минимальные организационно-правовые риски, в том числе возможные потери планируемой прибыли, обеспечения инвестиционной привлекательности и максимальной заинтересованности инвестора в достижении планируемых финансовых показателей» [83].

Следующий этап развития исследований искусственного интеллекта, с учетом их применения в сельском хозяйстве, начался в 2012 г. и продолжается по настоящее время. В этот период отмечается значительный прогресс в использовании в сельском хозяйстве систем искусственного интеллекта. Он связан с появлением сверхточной нейронной сети AlexNet, разработанной в 2012 г. [264]. Сеть состоит из 8 слоев, преимуществом ее является высокая производительность обучения. Эта сеть явилась базовой моделью для классификации изображений, она используется во многих приложениях компьютерного зрения и распознавания образов. Появление этой сети позволило добиться существенного прогресса в применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, поскольку выполнение многих задач в отрасли связано с компьютерным зрением. К ним относятся задачи по распознаванию болезней культурных растений, выявлению насекомых-вредителей, поиску плодов сельскохозяйственных культур и т.д. Прогресс в области распознавания образов привел к существенному расширению возможностей использования систем искусственно интеллекта в отрасли. Это вызвало экспоненциальный рост публикационной активности в данной области исследований (рисунок 1). Как видно по данным рисунка 1, до 2012 г. наблюдалось плавное увеличение публикационной активности по проблемам искусственного интеллекта. Однако

начиная с 2012 г. наблюдается резкое увеличение количества публикаций по данной проблеме. Это связано с расширением возможностей использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, прежде всего с прогрессом обучения сверточных нейронных сетей (AlexNet и др.).

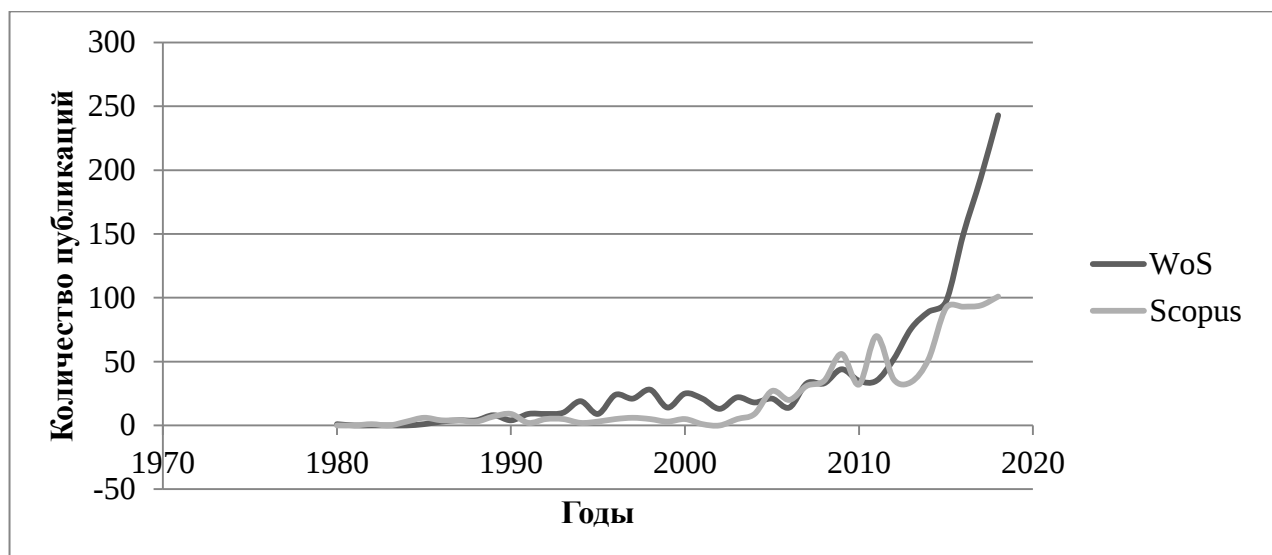


Рисунок 1 – Динамика публикационной активности по проблемам искусственного интеллекта в сельском хозяйстве в сетях научного цитирования WoS и Scopus

Источник: разработано автором

На этом этапе происходит уточнении сущности понятия «систем искусственного интеллекта» как явления, а также конкретизация данного понятия с учетом применения этих систем в сельском хозяйстве. Согласно подходу российского ученого Г.С. Осипова искусственный интеллект – «направление в информатике и информационных технологиях, задачей которого является воссоздание с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств разумных рассуждений и действий» [110]. По мнению К.А. Чуйкина «искусственный интеллект (ИИ) – наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ» [201]. По мнению исследователя, особенно актуальным применение этих систем становится в составе беспилотных летательных аппаратов, используемых в сельском хозяйстве.

В работе Т.А. Недогоновой, А.А. Петрова, Е.В. Поповой отмечается, что «цель создания искусственного интеллекта (ИИ) – научить компьютеры решать

задачи, которые считались подвластными исключительно людям» [101]. Авторы указывают, что «слабый искусственный интеллект» способен выполнять ограниченный набор действий, а «сильный» способен выполнять задачи человеческого уровня. Подчеркивается неразрывная связь понятий «искусственный интеллект» и «машинное обучение», при этом без обучения «требовалось бы миллион строк кода со сложными правилами и условиями» для написания интеллектуальных программ. В сельском хозяйстве искусственный интеллект уже применяется «для обобщения, анализа и обработки данных различных средств мониторинга и выдачи рекомендаций на их основе» [55].

Довольно взвешенный подход к системам искусственного интеллекта в сельском хозяйстве представлен в работе российских ученых Н.П. Мишурова, Ю.И. Чавыкина, О.А. Моторина [88]. «Учеными дается авторское определение, в соответствии с которым «искусственный интеллект в сельском хозяйстве – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) в вопросах сельского хозяйства и получать при выполнении конкретных задач сельского хозяйства результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека» [152]. При этом «подбор развития (в формулах целей и задач) искусственного интеллекта в «сельском хозяйстве должен учитывать всю сложность экономической сущности сельского хозяйства (если мы принимаем экономику в качестве первичной сущности сельского хозяйства) и, как результат, воплощаться для каждого из элементов в технологической цепочке создания стоимости продукции АПК: от планирования объемов валового производства до отгрузки или доставки конечному потребителю, включая моделирование самих объемов потребления» [92]. По мнению авторов, терминология и цели развития искусственного интеллекта должны найти отражение в стратегии научно-технического развития сельского хозяйства.

По мнению А.И. Алтухова, МН. Дудина, А. Н. Анищенко, цифровая трансформация отрасли и переход к «умному» сельскому хозяйству неразрывно

связаны с использованием технологий искусственного интеллекта [15]. Дальнейшая цифровизации отрасли позволит снизить риски сельскохозяйственного производства и может способствовать достижению продовольственной безопасности. Однако исследователями не конкретизируется сущность технологий искусственного интеллекта с учетом применения их в отрасли.

В работе А.А. Рязанцева и И.В. Попова сформулировано понятие, в соответствии с которым «искусственный интеллект – это не что иное, как наука о компьютерах и машинах, развивающих алгоритмы, подобные человеческому мышлению» [134]. Предполагается, что искусственный интеллект в сельском хозяйстве может найти применение в сельскохозяйственной робототехнике, интеллектуальной аналитике, мониторинге почвы и посевов. По мнению авторов исследования, «применения искусственного интеллекта требуют большого объема данных для надлежащего обучения алгоритмов». Наиболее перспективными областями применения этих технологий могут стать оптимизация цепочек поставок продуктов питания от фермера к потребителю, существенное повышение качества управленческих решений.

В работе М.Х. Куликовой отмечается, что «искусственный интеллект – это, по сути, имитация мышления; это обучение и решение проблем на основе данных» [77]. Применение искусственного интеллекта позволит, по мнению автора, снизить риски ведения сельскохозяйственного производства за счет принятия более обоснованных управленческих решений. Кроме того, с использованием технологий искусственного интеллекта можно анализировать спрос на рынке на продукты питания. Однако препятствием внедрения этих технологий могут стать нехватка в отрасли квалифицированных кадров, отсутствие опыта работы с этими технологиями и длительный процесс их внедрения [102].

По мнению В.С. Панова, Ю.А. Катайцева, Н.Е. Отекиной, дальнейшее развитие технологий искусственного интеллекта и их применение в сельском хозяйстве стали возможны благодаря различным технологическим прорывам.

«Эти технологии основаны на машинном обучении, использовании больших данных, нейронных сетей и т.д. Использование этих технологий позволяет открывать новые закономерности в животном и растительном мире, что может привести к различным технологическим прорывам в сельском хозяйстве» [111]. «Однако в подходе авторского коллектива не сформулирована сущность технологий искусственного интеллекта, а имеет место лишь отсылка к составляющим этого явления (машинному обучению, использованию больших данных, нейронных сетей)» [167].

Довольно часто понятие «искусственный интеллект» упоминается одновременно с понятием «машинное обучение». Н.Р. Амирова, Л.В. Саргина, Я.Э. Кондратьева отмечают, что «машинное обучение (machine learning) – метод анализа данных, который автоматизирует построение аналитических моделей» [19]. При этом сферы применения искусственного интеллекта довольно разнообразны, от анализа погодных условий, температуры и других параметров до выполнения рабочих процессов (прополка сорняков, полив растений и т.д.) без участия человека. Его применение позволит снизить нехватку кадров в отрасли и повысить производительность труда, снизить затраты. Однако авторами не конкретизируется понятие «искусственный интеллект».

А.А. Зацаринный, В.И. Меденников, А.Н. Райков отмечают, что системы искусственного интеллекта широко применяются в точном земледелии [52]. Эти системы применяются в сельском хозяйстве за рубежом в основном на платформенной основе. Получили распространение «платформа принятия решений Watson для сельского хозяйства от IBM», «Health Change Maps и Notifications», «AI-платформа от Farmers Edge», «платформа Hummingbird Technologies», автономная система WeedSeeker от Trimble и др. Авторы отмечают, что в отечественном сельском хозяйстве практическое применение искусственного интеллекта носит бессистемный характер. Среди причин сложившегося положения можно выделить отсутствие комплектных ИТ-решений для отрасли и психологический аспект, в том числе консерватизм аграриев. Однако авторами не предлагается сущностное понятие систем искусственного

интеллекта, а лишь приводятся конкретные примеры платформ с искусственным интеллектом.

Российский ученый А.В. Свецкий отмечает, что «искусственный интеллект – комплекс программных методов, осуществляющих деятельность, сравнимую с творческой деятельностью человека» [140], не уточняя сущности этих методов применительно к сельскому хозяйству. Автор концентрируется на анализе основных областей возможного применения этих методов. Они могут быть использованы для дистанционной прополки, точечного распыления пестицидов, выявления болезней животных и пр.

М.Х. Бадмаева отмечает существенную неопределенность понятийного аппарата категории «искусственный интеллект» и отсутствие общепризнанной классификации объектов данной сферы исследований. При этом наиболее целесообразно, по мнению ученого, сосредоточиться на искусственном интеллекте, который используется для решения конкретных задач и выполнения определенных функций, так называемом «слабом» искусственном интеллекте. Исследователь отмечает, что «применяемые в сельском хозяйстве технологии искусственного интеллекта представлены в виде программного обеспечения и роботизированных систем» [25]. Эти технологии позволяют прогнозировать урожай, давать рекомендации по посадке, продаже собранного урожая. Отмечается, что внедрение систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство находится на начальном этапе.

По мнению Д.А. Алферьева, разработка систем искусственного интеллекта позволит хозяйствующим субъектам получать доминирующие конкурентные преимущества и соответствующий значительный экономический эффект. В частности, автором выделен ряд положительных моментов применения этих систем в отрасли, в том числе рост урожайности сельхозкультур, оптимизация выполнения производственных задач, автоматизация производства и оптимальное решение логистических задач, создание высокопроизводительных рабочих мест и снижение дефицита кадров в отрасли, ряд других. Исследователем приведены примеры успешных разработок ведущих университетов мира в этой сфере, в том

числе на базе роботов «Prospero» и «Hortibot» [17]. При этом в исследовании не предлагается авторского определения сущности систем искусственного интеллекта применительно к сельскому хозяйству, автор ссылается на ранее данные определения.

Российские ученые Г.В. Федотова и др. отмечают, что применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволит решить ряд социально-экономических проблем. В частности, за счет оптимального анализа условий и факторов развития регионов можно снизить неравномерность их развития. За счет применения этих систем можно повысить уровень хозяйственного администрирования, осуществляемого органами исполнительной власти, а также увеличить качество планирования, ресурсного обеспечения и координации между хозяйствующими субъектами отрасли. При этом система искусственного интеллекта в АПК состоит из двух основных элементов: «программное обеспечение, представленное различными компьютерными программами», и «аппаратное оборудование, состоящее из различных устройств наблюдения, анализа и оценки исходных данных и полученных результатов реализуемых хозяйственных операций» [192]. Этот подход не совсем точно отражает роль наборов больших данных в функционировании систем искусственного интеллекта в отрасли.

А.П. Илышев и О.М. Толмачев отмечают, что искусственные нейронные сети являются «электронными моделями нейронной структуры мозга, который главным образом учится на опыте» [55]. По их мнению, системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве представлены в виде беспилотной техники (тракторов), беспилотных летательных аппаратов, роботов, автоматических систем полива и мониторинга сельскохозяйственных культур. Эти системы активно разрабатываются в основном за рубежом и доступны даже на маломощных смартфонах. Однако исследование сводится к анализу основных платформ с использованием искусственного интеллекта. При этом не отмечаются особенности этих систем.

В ряде исследований отмечается актуальность проблемы внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство, однако не уточняется сущность и понятийный аппарат этой области исследований. Авторский коллектив (Ш.А. Салимов и др.) отмечает, что искусственный интеллект в сельском хозяйстве «будет правильно распределять» минеральные удобрения, позволит выбрать оптимальное время орошения посевов и т.д. [135, 187]. М.Г. Тимофеев и др. отмечают, что «технология искусственного интеллекта показывает лучшие прогнозные результаты по сравнению с классическими методами обработки и анализа данных» [187], однако не конкретизируют сущность этого понятия [73]. В работе И.П. Четвериковой и др. отмечается повышенное внимание инвесторов к разработке моделей машинного обучения для сельского хозяйства, которые могут быть использованы для оптимизации бизнес-процессов и умной аналитики, однако не раскрывается сущностное понятие машинного обучения [200]. В работе С.Н. Косникова и др. говорится, что «применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве поможет агропромышленному комплексу повысить связь между управлением и информацией, улучшить производство, снизить сложность административных процедур» [71]. Российские ученые С.М. Москалев и Н.В. Клименок-Кудинова отмечают, что искусственный интеллект относительно новая технология, которая имеет потенциал изменить будущее сельского хозяйства [91]. Однако авторы затрудняются в оценке последствий таких изменений. Е.А. Бубенок обращает внимание, что внедрение искусственного интеллекта в целях дальнейшей цифровизации АПК связано с определенными рисками, однако содержание этих рисков не уточняется [29]. По мнению О.Г. Солнцевой, искусственный интеллект в сельском хозяйстве может применяться в беспилотной технике, вертикальных фермах для контроля микропараметров среды [178]. При этом не уточняются отраслевые особенности и последствия применения этих систем.

В обзорной работе молодых ученых Я.К. Покровского, С.М. Каюгиной отмечается, что «искусственный интеллект – это сложная наука со множеством теорий, методов и технологий». Основными составляющими этой науки являются

машинное обучение, нейронные сети, когнитивные вычисления, компьютерное зрение, обработка естественного языка. По мнению исследователей, применение искусственного интеллекта позволит снизить занятость в сельском хозяйстве, снизить расходование основных видов применяемых ресурсов (пестицидов и т.д.), повысить качество принимаемых управленческих решений [119]. Однако авторы не уточняют сущностное содержание понятия систем искусственного интеллекта с учетом их применения в сельском хозяйстве.

Частным случаем применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является машинное зрение. По мнению Н.В. Калинина, машинное зрение является одной из передовых технологий искусственного интеллекта [61]. Системы машинного зрения представляют собой преобразование данных, поступающих с устройств захвата изображения, с выполнением дальнейших операций на основе этих данных [203]. Машинное зрение может быть использовано для мониторинга и контроля качества продукции, автоматизации средств подсчета и идентификации животных, распознавания болезней растений, оптимизации расходования ресурсов, в том числе средств защиты растений. Применение машинного зрения в сельском хозяйстве позволит, по мнению исследователя, существенно снизить количество привлекаемых работников и повысить производительность труда, однако потребует значительных инвестиций в отрасль. Однако автор не предлагает конкретизацию понятия систем машинного зрения с учетом применения в сельском хозяйстве, не формулирует методические подходы к оценке роста производительности труда, а также к оценке объемов необходимых инвестиций при внедрении машинного зрения в сельское хозяйство.

Развитие исследований в области искусственного интеллекта также нашло отражение в нормативно-правовых документах. Одним из основополагающих документов развития искусственного интеллекта в Российской Федерации является Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [11], в котором сформулирована «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта

на период до 2030 г.». В соответствии с данной стратегией «искусственный интеллект – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе то, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений. Другое приведенное в данной программе понятие – «технологии искусственного интеллекта. Это «технологии, основанные на использовании искусственного интеллекта», включая компьютерное зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений и перспективные методы искусственного интеллекта» [210].

Приведем основные понятия, связанные с искусственным интеллектом и системами искусственного интеллекта (таблица 2).

Таблица 2 – Основные понятия, связанные с искусственным интеллектом и системами искусственного интеллекта

Понятие	Источник/автор	Сущность
Искусственный интеллект	Маккарти Дж. (1956)	«Построение искусственных систем, способных работать на уровне “здорового смысла”» [210]
Искусственный интеллект	Глушков В.М. (1975)	«Автоматизация отдельных интеллектуальных действий человека путем разработки приемов и построения специализированных устройств и конкретных программ для ЭВМ, обеспечивающих решение сложных математических и логических задач» [210]
Искусственный интеллект	Уинстон П. (1980)	«Наука о концепциях, позволяющих компьютерам делать такие вещи, которые у людей выглядят разумными» [191]
Искусственный интеллект	Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. (1992)	1. «Это научное направление, в рамках которого ставятся и решаются задачи аппаратного или программного моделирования тех видов человеческой деятельности, которые традиционно считаются интеллектуальными» [12]. 2. «Свойство интеллектуальных систем выполнять функции (творческие), которые традиционно считаются прерогативой человека» [12]

Продолжение таблицы 2

Понятие	Источник/автор	Сущность
Искусственный интеллект	Осипов Г.С. (2010)	«направление в информатике и информационных технологиях, задачей которого является воссоздание с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств разумных рассуждений и действий» [110].
Искусственный интеллект	Рязанцев А.А., Попов И.В. (2018)	«Это не что иное, как наука о компьютерах и машинах, развивающих алгоритмы, подобные человеческому мышлению» [134]
Искусственный интеллект	Чуйкин К.А. (2018)	«наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ» [201]
Искусственный интеллект	Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (2019)	«Комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека» [6]
Искусственный интеллект	Минсельхоз России (2019)	«Свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. Самый общий подход предполагает, что искусственный интеллект будет проявлять поведение, которое не отличается от человеческого» [1]
Искусственный интеллект	ГОСТ Р 59276-2020 «Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения» (2020)	«Способность технической системы имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека» [3]
Искусственный интеллект	Свецкий А.В. (2022)	«Комплекс программных методов, осуществляющих деятельность, сравнимую с творческой деятельностью человека» [140]
Искусственный разум	Глушков В.М. (1975)	1. «Искусственно созданная система произвольной природы, предназначенная для решения сложных задач широкого класса» [210]. 2. «Класс автономных технических систем, реализующих операции восприятия, хранения и переработки информации и формирующих на этой основе целесообразное поведение в широком классе сред» [210]
Системы искусственного интеллекта (экспертные системы)	Коган Ю.О. (1985)	Системы, «которые дают возможность получить в процессе решения практические задачи результаты, сопоставимые с выводами, полученными на основе тех же данных компетентными специалистами» [87].
Теория искусственного интеллекта	Ильин В.Н. (1990)	«Это научная дисциплина, задачей которой является разработка математических описаний функций человеческого интеллекта с целью их программной или аппаратной реализации» [56]

Продолжение таблицы 2

Понятие	Источник/автор	Сущность
Интеллектуальная система	Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Пospelов Д.А. (1992)	«Техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы» [12,127]
Технологии искусственного интеллекта	Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г. (2019)»	«Технологии, основанные на использовании искусственного интеллекта, включая компьютерное зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений и перспективные методы искусственного интеллекта» [6]
Система искусственного интеллекта	ГОСТ Р 59276-2020 «Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения» (2020)	«Техническая система, в которой используются технологии искусственного интеллекта и обладающая искусственным интеллектом» [4]
Система искусственного интеллекта в АПК	Федотова Г.В., Сложенкина М.И., Митрофанова И.В., Ламзин Р.М. (2021)	«Состоит из двух основных элементов: “программное обеспечение, представленное различными компьютерными программами”, и “аппаратное оборудование, состоящее из различных устройств наблюдения, анализа и оценки исходных данных и полученных результатов реализуемых хозяйственных операций» [192]
Искусственный интеллект в сельском хозяйстве	Мишуrow Н.П., Чавыкин Ю.И., Моторин О.А. (2021)	«комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) в вопросах сельского хозяйства и получать при выполнении конкретных задач сельского хозяйства результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека»» [88]
Технологии искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	Бадмаева М.Х. (2022)	«Системы в виде программного обеспечения и роботизированных систем, предназначенные для решения специфических конкретных узких задач» [25]

* Составлено автором

Следует заметить, что некоторые эксперты используют словосочетание «искусственный интеллект» только в историческом контексте, предпочитая применять словосочетание «машинное обучение» (англ. Machine Learning, ML). Это можно объяснить желанием избежать негативных ассоциаций с ранними периодами развития исследований этих систем, которые характеризуются чередой разочарований и неоправданных ожиданий [79]. Проявляется также весьма осторожное употребление термина «искусственный интеллект» и осторожность прогнозов применительно к дальнейшему развитию систем искусственного

интеллекта. Дело в том, что в настоящее время эти системы позволяют решать лишь конкретные ограниченные задачи.

1.2 Состояние и проблемы отечественного сельского хозяйства, объективная необходимость, цели и предпосылки использования систем искусственного интеллекта в отрасли

Сельское хозяйство является важнейшей отраслью, осуществляющей производство продуктов питания и товаров. Поэтому от уровня его развития и эффективности функционирования зависит состояние продовольственной безопасности страны. Его развитие может стимулировать экономический рост ряда отраслей экономики, в том числе химической, текстильной, пищевой и др. Сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей развития и внедрения новых инновационных технологий, таких как точное земледелие [173, 255], элементов автоматизации процессов в производстве и управлении, биотехнологий и др. [44,43]. Развитие отрасли играет существенную роль в сохранении культурных традиций и обычаев населения страны. Сельское хозяйство является важнейшим источником сырья для производства промышленных товаров, топлива, для химической и фармацевтической промышленности и других отраслей. А также одним из крупнейших секторов занятости, особенно в развивающихся странах и государствах с переходной экономикой [65]. Занятость в аграрном секторе экономики является источником доходов значительной части населения сельских территорий.

Одним из показателей, характеризующих итоги деятельности отрасли, является валовая продукция. В последнее время наблюдается рост объемов производства сельскохозяйственной продукции (таблица 3).

Таблица 3 – Продукция сельского хозяйства по категориям хозяйств по Российской Федерации (в фактически действовавших ценах); млрд р.*

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2022 г. к 2015 г., %
Хозяйства всех категорий									
Продукция сельского хозяйства	4794,6	5112,3	5109,5	5348,8	5801,4	6468,8	7710,3	8850,9	184,6
В том числе:									
– растениеводства	2487,3	2710,3	2599,7	2756,1	3056,4	3612,7	4464,7	5265,6	211,7
– животноводства	2307,3	2402,0	2509,8	2592,7	2745,0	2856,1	3245,6	3585,3	155,4
Сельскохозяйственные организации									
Продукция сельского хозяйства	2588,6	2818,4	2818,5	3022,1	3348,4	3787,0	4566,8	5348,3	206,6
В том числе:									
– растениеводства	1263,9	1428,4	1336,3	1438,8	1641,0	2021,8	2497,8	3016,7	238,7
– животноводства	1324,7	1390,0	1482,2	1583,3	1707,4	1765,2	2069,0	2331,6	176,0
Хозяйства населения									
Продукция сельского хозяйства	1654,9	1659,2	1655,4	1656,7	1659,7	1717,6	1958,5	2070,5	125,1
В том числе:									
– растениеводства	781,4	768,9	764,2	787,1	778,8	798,2	971,4	1021,2	130,7
– животноводства	873,5	890,3	891,2	869,6	880,9	919,4	987,1	1049,3	120,1
Крестьянские (фермерские) хозяйства									
Продукция сельского хозяйства	551,1	634,7	635,6	670,0	793,3	964,2	1185,0	1432,1	259,9
В том числе:									
– растениеводства	442,0	513,0	499,2	530,2	636,6	792,7	995,5	1227,7	277,8
– животноводства	109,1	121,7	136,4	139,8	156,7	171,5	189,5	204,4	187,4

Источник: составлено автором по данным Росстата

Как видно из данных таблицы 3, валовой объем продукции сельского хозяйства в 2022 г. в хозяйствах всех категорий составил 8851 млрд р., он увеличился в 1,8 раза по сравнению с 2015 г. При этом объем производства продукции растениеводства увеличился в 2,1 раза, а животноводства в 1,55 раза. Значительный рост объемов производства в указанный период наблюдался в организациях сельского хозяйства – в 2,1 раза, производства продукции

растениеводства – в 2,4 раза, животноводства – в 1,8 раза. Рост объемов производства в хозяйствах населения составил 1,25 раза за рассматриваемый период, в том числе производства продукции растениеводства в 1,3 раза, животноводства – в 1,2 раза. Наибольшие темпы роста производства продукции сельского хозяйства наблюдались в крестьянских (фермерских) хозяйствах. За рассматриваемый период общий объем производства в данной категории хозяйств увеличился в 2,6 раза, при этом увеличение объемов производства продукции растениеводства составило 2,8 раза, а животноводства – 1,9 раза.

Вместе с тем, в соответствии со «Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 г.», стоит еще более серьезная задача – увеличить производство продукции агропромышленного комплекса (в сопоставимых ценах) к уровню 2020 г. на 29,7% в целевом и на 16,1% – в базовом вариантах. Однако на современном этапе отечественное сельское хозяйство сталкивается с рядом проблем, которые оказывают негативное влияние на решение поставленных задач по дальнейшему развитию отрасли. Прежде всего, это относится к обеспеченности организаций сельского хозяйства основными видами техники (таблица 4).

Как видно из данных таблицы 4, за последние 11 лет наблюдалось значительное сокращение парка тракторов, комбайнов и другой техники. Количество тракторов в 2021 г. составило лишь 63,9 % от уровня 2010 г., плугов – 62,9%, культиваторов – 65,4%, сеялок – 49,8%. Аналогичная картина наблюдалась по парку основных видов комбайнов. Так, количество зерноуборочных комбайнов составило в 2021 г. лишь 65,2% от уровня 2010 г., кукурузоуборочных комбайнов – 54,5%, количество льноуборочных комбайнов – сократилось почти в 4 раза.

В животноводстве количество доильных установок и агрегатов в 2021 г. составило лишь 63,7% от уровня 2010 г. При этом произошло некоторое увеличение количества дождевальных и поливных машин и установок – на 31,5%, машин для внесения в почву жидких органических удобрений – на 5,1%, опрыскивателей и опыливателей тракторных – на 8,2%.

Таблица 4 – Парк основных видов техники в организациях сельского хозяйства Российской Федерации, тыс. шт.

Наименование	Годы												2021 г. к 2010 г., %
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Тракторы	310,3	292,6	276,2	259,7	247,3	233,6	223,4	216,8	211,9	206,7	203,6	198,3	63,9
Плуги	87,7	81,9	76,3	71,4	67,8	64,1	61,6	59,7	58,5	56,9	56,7	55,2	62,9
Культиваторы	119,8	114,1	108,7	102,2	97,8	93,2	90,3	87,6	84,8	82,6	81,2	78,4	65,4
Сеялки	134,0	123,6	115,4	107,5	100,7	93,6	87,8	82,8	79,0	74,8	70,9	66,7	49,8
Комбайны:													
– зерноуборочные	80,7	76,6	72,3	67,9	64,6	61,4	59,3	57,6	56,9	55,0	53,9	52,6	65,2
– кукурузоуборочные	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	54,5
– льноуборочные	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	28,6
– картофелеуборочные	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	62,1
– кормоуборочные	20,0	18,9	17,6	16,1	15,2	14,0	13,3	12,7	12,3	11,8	11,4	10,9	54,5
Свеклоуборочные машины (без ботвоуборочных)	3,2	3,1	2,8	2,5	2,4	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	1,9	1,9	59,4
Косилки	41,3	39,3	37,5	35,6	33,9	32,2	31,0	30,5	30,1	29,8	29,3	28,7	69,5
Пресс-подборщики	24,1	24,2	23,7	22,7	21,9	20,9	20,4	19,9	19,6	19,5	18,7	18,2	75,5
Жатки валковые	27,0	25,2	23,6	22,3	21,2	19,7	19,0	19,1	18,8	19,1	19,1	19,3	71,5
Дождевальные и поливные машины и установки	5,4	5,3	5,2	5,3	5,7	5,9	6,0	6,2	6,1	6,4	6,7	7,1	131,5
Разбрасыватели твердых минеральных удобрений	16,6	16,5	16,3	15,8	15,8	15,5	15,7	15,5	15,7	15,7	16,1	16,2	97,6
Машины для внесения в почву:													
– твердых органических удобрений	6,5	6,1	5,6	5,2	5,1	4,8	4,7	4,7	4,5	4,5	4,6	4,6	70,8
– жидких органических удобрений	3,9	3,8	3,7	3,6	3,7	3,6	3,6	3,7	3,8	4,1	4,1	4,1	105,1
Опрыскиватели и опыливатели тракторные	23,2	23,2	23,1	22,7	23,1	22,4	22,8	23,1	23,5	24,3	24,8	25,1	108,2
Доильные установки и агрегаты	31,4	30,1	28,6	27,3	26,3	25,1	24,1	22,9	22,4	21,9	21,3	20,0	63,7

Источник: составлено автором по данным Росстата

В сельском хозяйстве наблюдается существенный износ основных фондов [39; 184]. По состоянию на 2021 г. значительная часть эксплуатируемых

субъектами хозяйствования машин и оборудования (55,1%), транспортных средств (53,2%), сооружений (43,8%) находится за пределами нормативных сроков использования (таблица 5).

Таблица 5 – Степень износа основных фондов на конец года в организациях сельского хозяйства, %

Наименование основных фондов	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Всего основных фондов	38,2	38,2	40,5	41,7	43,9
Сооружения	45,7	44,9	43,0	42,5	43,8
Машины и оборудование	52,1	51,5	53,8	54,9	55,1
Транспортные средства	51,0	50,1	53,1	55,5	53,2
Нежилые здания	23,2	23,4	23,4	27,1	31,4

Источник: составлено автором по данным Росстата

В результате этого происходит эксплуатация находящихся за пределами сроков амортизации фондов, что оказывает негативное влияние на производительность труда, качество выполняемых работ и безопасность производства. Так, устаревшие трактора и комбайны имеют проблемы с экономичностью использования топлива, чаще испытывают поломки в процессе эксплуатации, что приводит к увеличению эксплуатационных затрат и простоев техники. Использование устаревшего оборудования для хранения и переработки продукции приводит к ее потерям и снижению качества продукции. Так, устаревшие сушилки для зерна не обеспечивают необходимой точности поддержания температуры и влажности, что может приводить к поражению продукции плесенью и к другим проблемам. Применение оборудования для подготовки почвы с истекшими сроками эксплуатации не позволяет обеспечивать необходимую точность и глубину обработки почвы, что может приводить к снижению урожайности культур. Устаревшие системы орошения могут приводить к неравномерному поливу почвы и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Решение данных проблем может дать модернизация техники с применением систем искусственного интеллекта или оснащение хозяйств новой техникой и

оборудованием, разработанными с учетом развития этих систем. Это позволит осуществлять предиктивную аналитику состояния остаточного ресурса двигателей и агрегатов [118], контроль над рабочими органами, оптимизировать режимы работы машин и оборудования в системе заданных ограничений и т.д. Применение техники и оборудования нового поколения с системами искусственного интеллекта позволит повысить производительность труда, качество продукции и выполняемых работ [107], снизить затраты на эксплуатацию техники и оборудования и т.д.

Существенной проблемой сельского хозяйства является наблюдаемое в последние годы снижение численности работников в отрасли [206] (рисунок 2).

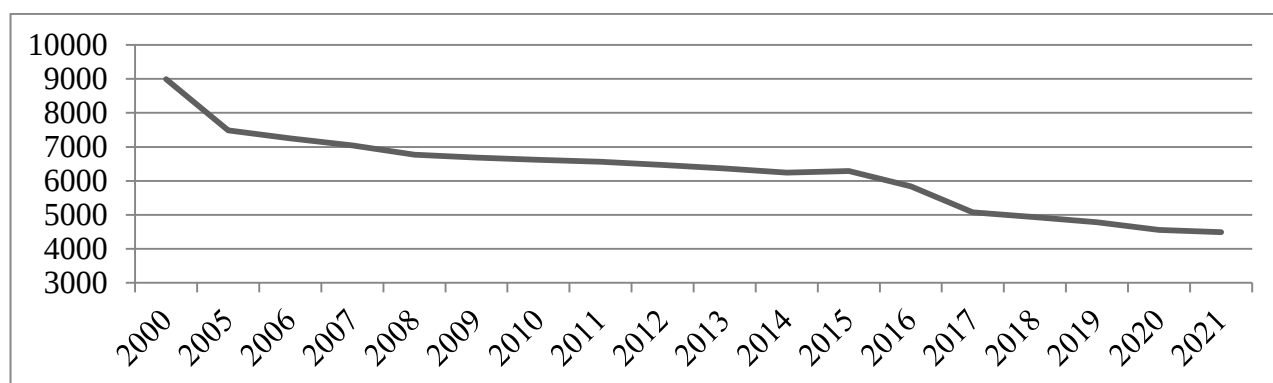


Рисунок 2 – Среднегодовая численность работников, занятых в сельском хозяйстве России, тыс. чел.

Источник: составлено автором по данным Росстата

Среднегодовая численность работников, занятых в сельском хозяйстве России, уменьшилась с 8996 тыс. чел. в 2020 г. до 4491 тыс. чел. в 2021 г. По оценкам отечественных ученых, отток работников из сельской местности в город за 1996–2020 гг. составил 27%. Это вызвано более высоким уровнем заработной платы в городах (в среднем в 2,13 раза выше, чем на селе), лучшими условиями труда и быта в городах по сравнению с селом. Реализация планов по росту объемов сельскохозяйственного производства к 2030 г. в 1,3 раза требует либо привлечения в отрасль дополнительного количества работников, что практически невозможно, либо существенного повышения производительности труда за счет применения новых, более производительных техники и технологий (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнительные показатели развития городов и сел в 1996-2020 гг., %

Страна	Отток работников из села в город за 1996-2020 гг., % к уровню 1995 г.	Превышение заработной платы работника в промышленности и сфере обслуживания над средним доходом в сельском хозяйстве (фермера, наемного работника), %	Среднее превышение в городе по сравнению с селом группы показателей индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП), %
Россия	27	213	256
США	22	130	47
Канада	18	107	166
Германия	9	95	30
Швеция	12	112	157
Италия	8	74	94
Великобритания	15	156	61

Источник: составлено автором по [85]

Показатель индекса развития человеческого потенциала в городах (промышленности и обслуживании) в 2,56 выше, чем в сельской местности. Тенденция оттока работников из сельского хозяйства в промышленность и другие сектора экономики – общая для многих развитых стран, однако в РФ она проявляется в большей степени. Дальнейший отток работников из отрасли может создать трудности в увеличении объемов производства, вызвать существенное снижение конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства [204].

Выходом из сложившегося положения нам видится автоматизация наиболее трудоемких процессов, в том числе с применением средств автоматизации и систем искусственного интеллекта.

Отток работников из сельского хозяйства в другие сектора экономики усиливает дефицит квалифицированных специалистов и работников. Как показывает анализ, дефицит кадров в организациях сельского хозяйства в последние годы существенно возрос. Так, в 2020 г. дефицит работников составлял 41,7 тыс. чел., а в конце 2022 г. – 56,9 тыс. чел. Это происходит в том числе по причине оттока работников из сельской местности в крупные города (рисунок 3).

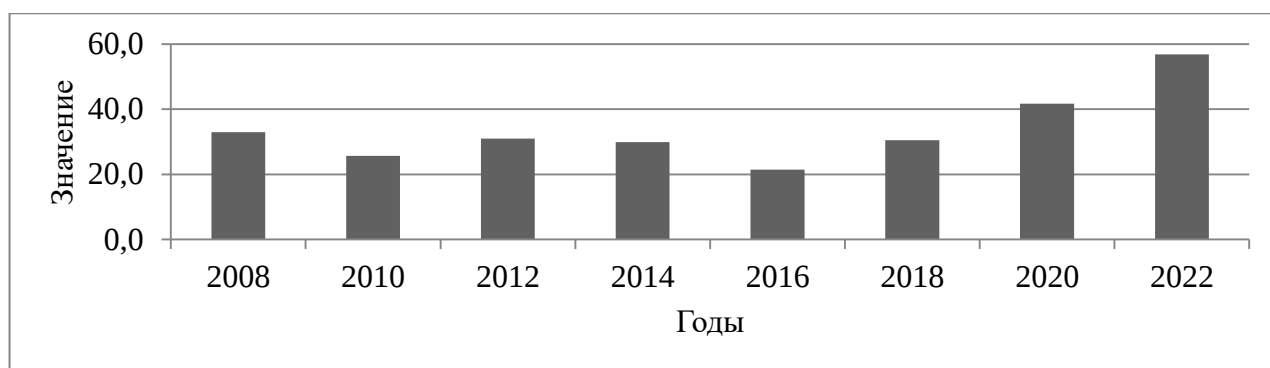


Рисунок 3 – Потребность организаций сельского хозяйства в работниках для замещения вакантных рабочих мест на 31 октября (по данным выборочного обследования организаций), тыс. чел.

Источник: составлено автором по данным Росстата

Одной из существенных проблем сельского хозяйства является низкое качество управленческих решений, принимаемых традиционными методами (на основе предыдущего опыта, по аналогии и т.д.) [212]. Это находит свое выражение в конечных результатах деятельности организаций и отрасли в целом (таблица 7).

Таблица 7 – Показатели качества управления аграрным производством и его организации по странам

Страна	Среднемноголетние показатели (2006-2020 гг.), %				
	запаздывание срока посева и уборки урожая (по сравнению с оптимальными)	падеж скота	потери урожая	доля элитных пород скота	доля элитных сортов культур
Россия	30,0	18,0	18,0	8,0	9,5
Германия	0,0	0,0	2,3	98,5	95,6
Великобритания	0,23	0,3	3,7	95,7	93,3
Ирландия	2,4	4,5	8,4	84,3	88,3
Дания	0,0	0,0	1,6	99,5	98,1
Швеция	0,25	0,6	6,5	94,5	95,3
Бельгия	0,25	1,3	5,2	96,6	94,3
Нидерланды	0,3	1,4	5,0	97,4	95,5

Источник: составлено автором по [85]

Из данных таблицы 7 видно, что в отечественном сельском хозяйстве имеет место запаздывание сроков посева и уборки урожая (по сравнению с

оптимальными) [85] которое происходит в 30,0% случаев. Эти и другие причины приводят к существенным потерям урожая (18%) по сравнению с потерями (1,6–8,4%) в странах Западной Европы. Наблюдается также несвоевременная диагностика заболеваний животных, что приводит к падежу скота, который существенно выше (18,0%) по сравнению с сельским хозяйством европейских государств (0,0–4,5%). Имеет место и низкое качество зоотехнической и селекционной работы, что приводит к тому, что доля элитных пород скота составляет у нас лишь 8,0%, доля элитных сортов культур – лишь 9,5%.

Объективные предпосылки внедрения и использования систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства следующие:

- необходимость повышения качества управленческих решений на всех уровнях управления отраслью;
- необходимость снижения дефицита работников за счет автоматизации выполнения ряда процессов в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью;
- повышающаяся сложность сельскохозяйственного производства и необходимость обработки больших объемов данных;
- необходимость снижения зависимости отрасли от дефицита работников;
- исчерпание потенциала развития сельскохозяйственного производства на основе традиционных технологий.

Запланированный рост производства продукции сельского хозяйства в современных условиях требует значительного и все возрастающего количества данных об объектах сельскохозяйственного производства. Повышающаяся сложность производства и управления отраслью требуют совершенного новых подходов к управлению ее. Всемирно известный ученый Г.С. Пospelов еще в 1988 г. отмечал высокую интенсивность исследований в СССР проблем искусственного интеллекта. Ученый писал, что сложность народного хозяйства определяется числом связей и информационных каналов, которые растут пропорционально квадрату объемов производства. Так, если объем производства возрастает в 15–20 раз, то сложность народного хозяйства только по этой причине

повышается в 225–400 раз. Для решения проблемы роста сложности управления и увеличения объемов информации необходимо применение более совершенных средства получения и обработки данных, средств автоматизации процесса принятия управленческих решений, чем и являются системы искусственного интеллекта [126]. Их применение позволяет решать сложные задачи развития отрасли, совершенствовать управление развитием сельского хозяйства.

Достижение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях снижающейся обеспеченности работниками и традиционной техникой возможно лишь за счет внедрения и использования более производительных современных технологий. В настоящее время наблюдается некоторый прогресс в развитии и применении цифровых технологий, систем искусственного интеллекта в народном хозяйстве [66]. По данным Института стратегических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, в последнее время произошли значительные улучшения в цифровизации многих отраслей экономики и социальной сферы (рисунок 4).

Из данных рисунка 4 видно, что лидером среди отраслей по уровню цифровизации является ИТ-сектор (индекс цифровизации 33,9 балла), что является довольно ожидаемым. Высокие показатели цифровизации имеют также сектор информации и связи (28,6), система высшего образования (23,9), и финансовый сектор (23,7). Вместе с тем сектор сельского хозяйства имеет весьма низкий индекс цифровизации – лишь 11,6 балла. При этом наиболее интенсивно цифровые технологии в отрасли используются главным образом для цифровизации бизнес-процессов (4,0%), обеспечения кибербезопасности (4,4%). По оценкам экспертов НИУ ВШЭ в сельском хозяйстве наметился значительный положительный «сдвиг» в цифровизации за счет внедрения робототехники, «цифровых двойников», технологий сбора, анализа и обработки данных и искусственного интеллекта.

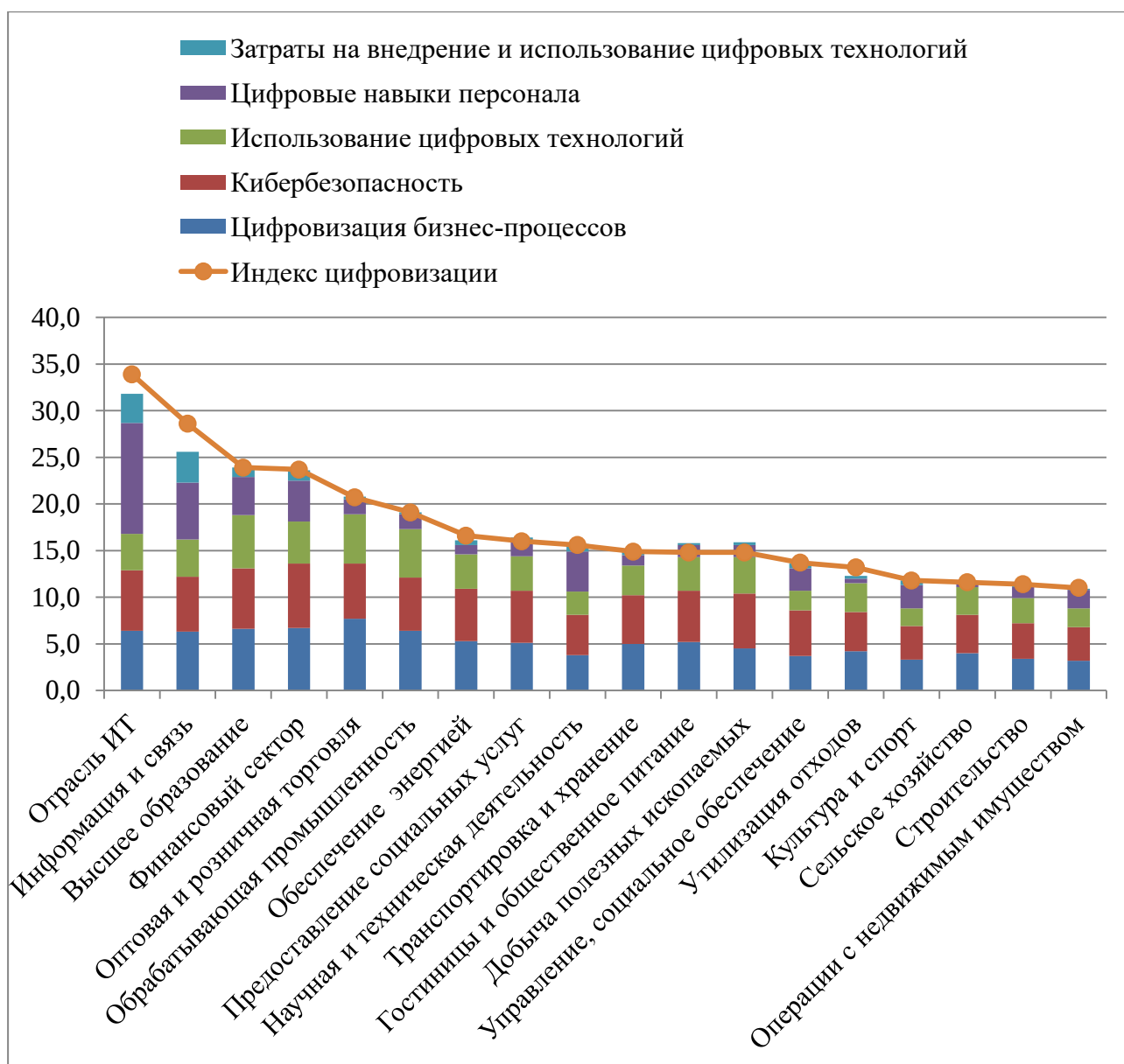


Рисунок 4 – Индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы по отраслям в 2021 г., %

Источник: составлено автором по [85]

Низкий уровень использования цифровых технологий [195] в сравнении с другими отраслями народного хозяйства отрицательно влияет на эффективность сельскохозяйственного производства, на привлекательность отрасли для молодых кадров и т.д.

В настоящее время в сельском хозяйстве и смежных отраслях используется несколько видов цифровых технологий [33] (таблица 8).

Таблица 8 – Индекс цифровизации и интенсивность использования цифровых технологий в организациях сельского хозяйства и смежных отраслей

Показатель	Индекс цифровизации	Удельный вес организаций, использующих цифровые технологии, %				
		широко-полосный интернет	облачные сервисы	ERP-системы [265]	электронные продажи	RFID-технологии
Всего	23,0	74,3	20,9	5,5	8,3	5,5
Растениеводство	21,0	67,4	18,7	6,4	7,0	6,7
Животноводство	24,0	76,1	20,1	7,1	10,6	7,2
Лесоводство и лесозаготовки	27,0	89,0	30,4	3,9	9,4	3,5
Рыболовство и рыбоводство	22,0	74,7	18,0	5,1	6,6	4,6

Источник: составлено автором по [49]

Из данных таблицы 8 видно, что наиболее высокие индексы использования имеют широкополосный интернет (74,3%) и облачные сервисы (20,9 %). При этом цифровые технологии наиболее активно используются в секторах «Лесоводство и лесозаготовки» – 27,0%, «Животноводство» – 24,0%, «Рыболовство и рыбоводство» – 22,0%. Проведенные в 2020 г. немецким ученым Л. Праузом исследования показали, что «около 80% фермеров Германии уже применяют в своей деятельности цифровые технологии. Наиболее используемыми технологиями являются сельскохозяйственная техника с GPS-управлением (отметило 45% респондентов), инструменты онлайн-мониторинга (40%), искусственный интеллект (32%), датчики (28%), роботизированное оборудование и беспилотные летательные аппараты (12%)» [239].

По нашему мнению, для внедрения систем искусственного интеллекта в современных условиях имеются необходимые предпосылки [202]. Важнейшие предпосылки внедрения и использования систем искусственного интеллекта в отечественных организациях сельского хозяйства:

- развитие прикладных исследований систем искусственного интеллекта;
- активное проникновение сети Интернет на сельские территории;
- повышение общепрофессионального и специального уровней кадров организаций сельского хозяйства;

- удешевление электронных компонентов;
- расширение в последние годы спектра систем искусственного интеллекта для аграрного производства.

Повышение и поддержание конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства может быть обеспечено развитием и использованием цифровых технологий, в том числе систем искусственного интеллекта. Существенный прогресс в развитии систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве связан с резким удешевлением компонентов, таких как датчики и сенсоры. Так, с 2004 по 2014 гг. средняя стоимость IoT-датчиков снизилась более чем вдвое – с 1,30 долл. до 0,60 долл., и к 2023 г. ожидается сокращение их стоимости еще на 37% – до 0,38 долл. [2]. В последние годы «наблюдается рост проникновения сети Интернет на сельские территории [41]. По данным Фонда общественного мнения, динамика проникновения сети Интернет увеличилась с 10% в 2003 г. до 72% в 2018 г. в федеральных округах и населенных пунктах разного типа» [57].

Сельское хозяйство имеет значительный потенциал повышения эффективности производства и управления за счет применения систем искусственного интеллекта. Применение этих систем позволит повысить эффективность расходования всех видов применяемых ресурсов, увеличить объем валового производства и качество производимой продукции и выполняемых процессов. Сбор и обработка больших объемов данных с применением систем искусственного интеллекта позволит существенно повысить информированность руководителей отрасли об объектах сельскохозяйственного производства. Это, в свою очередь, позволит повысить качество управленческих решений. В конечном итоге применение этих систем в отрасли позволит повысить конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства, увеличить объемы экспорта сельскохозяйственной продукции.

1.3 Теоретические аспекты использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

По меткому выражению академика Г.С. Поспелова, искусственный интеллект можно представить как науку, «в которой междисциплинарные исследования являются основным видом исследований» [31]. В 1960-1970-х годах на этапе становления теории искусственного интеллекта как самостоятельного научного направления исследования вели представители различных наук. В основном это были математики, программисты, логики и др. Однако уже с середины 1970-х годов в СССР начала формироваться новая школа исследователей, имеющих специальную подготовку в области искусственного интеллекта. Появились специалисты нового уровня, для которых создание систем искусственного интеллекта стало профессией. Г.С. Поспелов назвал их «инженерами по знаниям», поскольку именно информация, превращенная в знание, представляет наибольшую важность в данной научной дисциплине, наряду со специальными методами исследования.

В настоящее время применение систем искусственного интеллекта в отрасли получает все большее развитие. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве – это многоаспектное явление, которое можно рассматривать как самостоятельное научное направление [141].

Разработка, внедрение и применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве должны происходить с учетом отраслевой специфики. Она находит выражение в использовании характерных приемов и методов. При внедрении и использовании систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве следует учитывать отраслевую специфику, которая состоит в следующем:

- взаимодействие систем искусственного интеллекта с живыми организмами (растениями и животными);
- взаимодействие систем искусственного интеллекта с объектами, меняющими свои характеристики с течением времени (рост плодов, растений, рост и развитие животных и т.д.);

- работа данных систем в условиях пересеченной местности, необходимость позиционирования их в пространстве;

- низкий общий уровень образования работников сельского хозяйства и их слабая осведомленность о системах искусственного интеллекта;

- наличие большого количества неполных или поврежденных данных об объектах и процессах сельскохозяйственного производства.

Внедрение таких специфичных объектов требует наличия уникальных компетенций, как в области искусственного интеллекта, так и в сельском хозяйстве.

Специфика методов исследования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как самостоятельного научного направления состоит в необходимости учета широкого спектра факторов, влияющих на производственные процессы и результаты производства в отрасли. К этим факторам следует отнести погодные условия, состояние почвы, обеспеченность водными ресурсами, характеристики сельскохозяйственных растений и животных и др. Методы должны обладать гибкостью, адаптивностью, учитывать изменения в производственных процессах и факторы [137], которые могут меняться во времени. Массовое применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может оказать значительное влияние на социально-экономическое развитие сельских территорий и регионов, особенно с высокой долей сельского хозяйства в структуре ВВП.

Специфика применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве определяется следующим:

- наличие специфичной цели – повышение эффективности сельскохозяйственного производства и управления отраслью;

- использование специфичных инструментов для сбора данных, к примеру, фото и видеокамер с высоким разрешением и в различных спектрах (NDVI и т.д.), датчиков движения животных и т.д.;

- надежность и достоверность – системы искусственного интеллекта, обученные на одинаковых наборах данных, имеют различную эффективность;

– этичность – необходимость учета последствий массового применения этих систем на социально-экономическое развитие сельских территорий.

Таким образом, системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно рассматривать как самостоятельное научное направление исследований, поскольку объект исследования и используемые методы обладают определенной спецификой. Можно сформулировать понятие систем искусственного интеллекта как самостоятельного научного направления с учетом отраслевого аспекта. Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как направление исследований – это область знаний, имеющих прикладной характер и отраслевую специфику, направленных на разработку, внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью, оценку последствий этой деятельности.

Как научное направление системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве формируются на стыке нескольких научных направлений. Прежде всего, к ним следует отнести информатику и информационные технологии (компьютерные науки). С другой стороны, они направлены на решение задач в области сельскохозяйственного производства и управления отраслью. Эта составляющая формируется под воздействие целого класса дисциплин, таких как ветеринария, агрономия, почвоведение, экономика сельского хозяйства (рисунок 5).

В настоящее время разработками систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства занимаются в основном специалисты с техническими навыками. Они, как правило, не имеют специальных знаний и подготовки в области сельскохозяйственного производства, не знакомы со спецификой этой сферы деятельности.



Рисунок 5 – Искусственный интеллект в сельском хозяйстве во взаимосвязи с другими научными направлениями

Источник: разработано автором

Можно предположить, что в ближайшем будущем разработками этих систем могут заниматься специалисты сельского хозяйства, получившие компетенции и навыки в области систем искусственного интеллекта [208]. Это позволит ускорить темпы создания и внедрения этих систем в сельском хозяйстве.

Понятие «искусственный интеллект» зачастую рассматривается как техническое устройство. В научной литературе и нормативно-правовых документах встречаются категории понятия «искусственный интеллект», употребляемые в контексте «система», «технология», «метод», «модель», «алгоритм». При этом, по нашему мнению, наиболее широкая категория, характеризующая понятие «искусственный интеллект» как техническое устройство с учетом применения в сельском хозяйстве, дает раскрытие этого термина в качестве «системы».

Можно использовать понятие «системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как техническое средство» – совокупность программных и аппаратных средств, моделей и алгоритмов, находящихся в определенных связях и образующих целостность, способных к адаптации и обучению, направленных на

решение задач аграрного производства и управления с эффективностью, сопоставимой или превосходящей эффективность деятельности человека. При этом следует выделить основные признаки искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, характеризующие его системность:

1. Наличие составных элементов. Основными функциональными элементами систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве, являются:

- исполнительная подсистема – элемент в виде компьютерной программы, выполняющий вычислительные, логические, поисковые функции на основе различных методов и алгоритмов искусственного интеллекта;

- интеллектуальный интерфейс – элемент, предназначенный для взаимодействия с пользователем, использующий технологии обработки естественного языка, компьютерного зрения и др.;

- набор данных (больших данных) – элемент, который обеспечивает хранение данных, которые используются для задач обучения моделей искусственного интеллекта в виде структурированной и неструктурированной информации (тексты, изображения, аудио- и видеофайлы);

- методы интеграции – элементы, обеспечивающие обмен информацией между элементами системы, включающие различные протоколы и технологии (API, HTTP, MQTT), а также технологии обработки естественного языка и распознавания речи;

- облачные вычисления – элементы, которые обеспечивают доступ к вычислительным ресурсам через сеть Интернет;

- устройства сбора данных – элементы, обеспечивающие сбор данных для обучения моделей искусственного интеллекта (датчики, камеры, микрофоны, и другие устройства);

- серверы – элементы, обеспечивающие хранение и обработку данных;

- облачные устройства – элементы, обеспечивающие хранение и обработку данных в сети Интернет;

- инструменты тестирования системы – элементы, представляющие собой библиотеки машинного обучения, технологии для разработки модели и тестирования их работоспособности;

- подсистема управления – элемент в виде компьютерной программы, позволяющей пользователю настраивать ее параметры и функциональность;

- органы действия – элементы, непосредственно получающие команды и обеспечивающие обратную связь с системой искусственного интеллекта, в том числе роботы, элементы технологий интернета вещей (IoT) и др.

2. Наличие структуры и целостности. Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве имеют свою структуру, при этом некоторые элементы этих систем сами имеют собственную сложную структуру. Элементы системы создают определенную целостность, при которой без наличия одного из элементов другие не могут выполнять свои функции. Главным элементом системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является исполнительная система, которая непосредственно выполняет вычислительные, логические и поисковые функции. Исполнительная система представляет собой компьютерную программу, которая предназначена для решения задач классификации, регрессии, кластеризации и др.

3. Наличие связей между элементами. Исполнительная система может взаимодействовать с другими компонентами системы, включая системы интеграции и интеллектуальный интерфейс, для получения данных и обмена информацией. Интеллектуальный интерфейс, в свою очередь, обеспечивает эффективное взаимодействие между пользователем и системой искусственного интеллекта. Подсистема интеграции (общения) непосредственно осуществляет взаимодействие между различными элементами системы искусственного интеллекта, в том числе интеллектуальным интерфейсом, исполнительной системой и базами данных [160]. Облачные технологии могут использоваться для выполнения интенсивных вычислений и для распределения вычислительной нагрузки между различными устройствами.

4. Эволюционное развитие. Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве проходят ряд этапов развития, которые характеризуются

повышением и снижением внимания к применению этих систем в отрасли. Чередование этих этапов связано с наличием прогресса в развитии этих систем и снижением заинтересованности в них высшего руководства.

5. Наличие управления. Управление системой искусственного интеллекта в сельском хозяйстве представляет собой программное обеспечение, которое позволяет пользователю настраивать параметры и функциональность. Функции подсистемы управления системой искусственного интеллекта в сельском хозяйстве могут быть следующими:

« – управление конфигурацией и параметрами системы искусственного интеллекта;

– мониторинг и управление работой системы искусственного интеллекта;

– настройка и оптимизация производительности системы искусственного интеллекта;

– управление безопасностью и конфиденциальностью данных в системе искусственного интеллекта» [194].

Подсистемы управления могут различаться гибкостью в зависимости от особенностей конкретной системы и запросов пользователей, в том числе с учетом удобства использования.

Можно представить укрупненную функциональную структуру системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как технической системы (рисунок 6). Состав элементов системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как технического средства может существенно варьироваться в зависимости от поставленной цели. Формально пользователь не является элементом этой системы, а лишь осуществляет постановку задач, корректирует ее работу, настраивает различные параметры и функциональность подсистемы. Это реализуется через механизм обратной связи и подсистему управления. Содержащиеся в научной литературе подходы к определению систем искусственного интеллекта не в полной мере раскрывают особенности применения этих систем в сельском хозяйстве с учетом специфики данной отрасли.



68

Рисунок 6 – Система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как техническое устройство
(техническая система)

Источник: разработано автором

Можно дать следующее определение «системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве» в качестве технического средства с учетом отраслевых особенностей. Как техническое устройство система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это совокупность программных и аппаратных средств, находящихся в определенных связях друг с другом, образующих единую целостность, направленных на решение задач производства и управления в сельском хозяйстве с эффективностью, сопоставимой или превосходящей результаты деятельности человека.

Весьма распространенным значением, в котором употребляется понятие «искусственный интеллект» как техническое средство, является категория «технологии искусственного интеллекта». Считаем необходимым уточнить содержание данного термина с учетом применения этих технологий в сельском хозяйстве. Технология искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это набор методов, алгоритмов и инструментов для создания систем искусственного интеллекта, способных выполнять задачи в области производства и управления сельским хозяйством, обычно требующие участия человека. Технология искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является наиболее общим понятием, описывающим набор инструментов для создания систем искусственного интеллекта в этой области. К примеру, технология искусственного интеллекта для прогнозирования продуктивности крупного рогатого скота на основе нейронных сетей.

Довольно распространенное значение понятия «искусственный интеллект» как техническое средство – «метод искусственного интеллекта». Метод искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это способ применения алгоритмов и моделей искусственного интеллекта для решения задач производства и управления в сельском хозяйстве. К наиболее распространенным методам искусственного интеллекта относят машинное обучение, нейронные сети, экспертные системы и др.

Весьма часто понятие «искусственный интеллект» как техническое средство употребляется в значении «модель искусственного интеллекта». Считаем

необходимым уточнить содержание данной категории с учетом применения в отрасли. Модель искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это математическая или иная модель [271], используемая для решения конкретных задач производства и управления в сельском хозяйстве, которая основана на методах искусственного интеллекта. В качестве примера можно привести модель машинного обучения для обнаружения сорняков в посевах культурных растений.

В некоторых случаях понятие «искусственный интеллект» как техническое средство употребляются в значении «алгоритм искусственного интеллекта». Алгоритм искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это последовательность действий, выполняемых компьютерной программой для решения конкретной задачи производства и управления в сельском хозяйстве. Например, алгоритм машинного обучения может использоваться для анализа данных о состоянии почвы, в частности, для определения температуры на ее поверхности.

Можно привести иерархию важнейших понятий категории «искусственный интеллект в сельском хозяйстве» (рисунок 7).

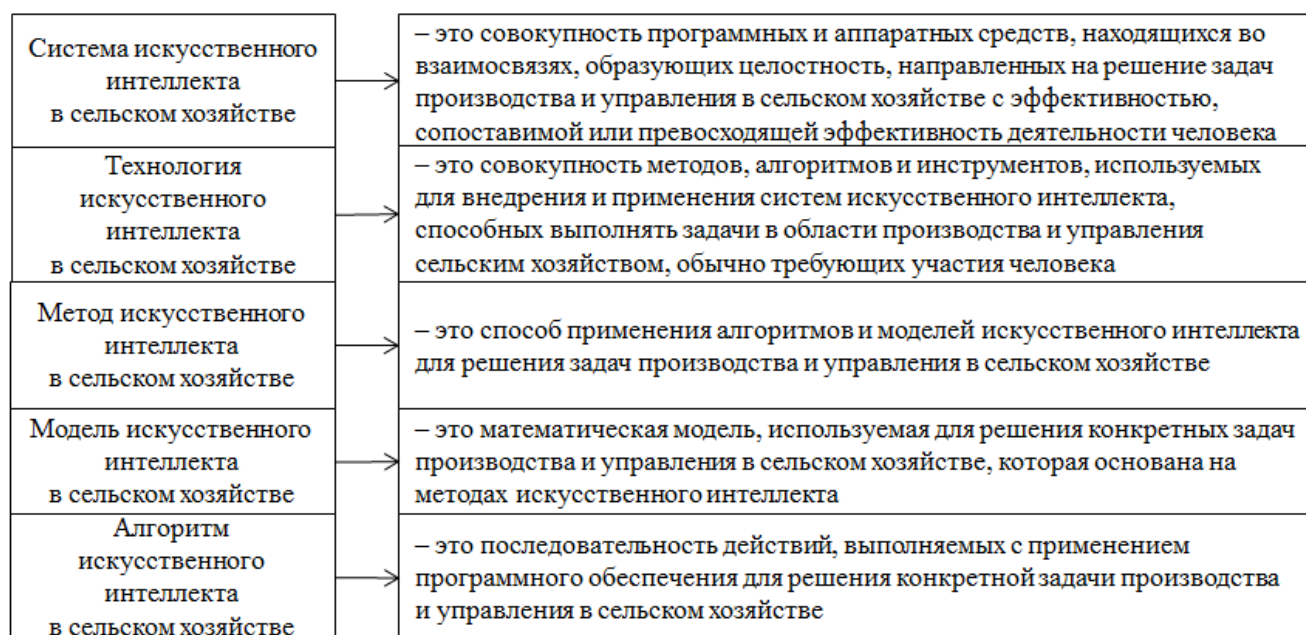


Рисунок 7 – Иерархия понятий категории
«искусственный интеллект в сельском хозяйстве»

Источник: разработано автором

Наиболее широкое значение имеет категория «система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве». Это понятие включает в себя различные технологии, методы, модели и алгоритмы, объединенные в единую систему, способную решать более сложные задачи. Предполагается, что система искусственного интеллекта способна к адаптации и обучению, принятию решений и выполнению действий, которые обычно свойственны человеку.

Разработка систем искусственного интеллекта началась еще в середине прошлого века и продолжается в настоящее время. Несмотря на имеющиеся ранние прогнозы развития этих систем, в подавляющем большинстве случаев они не были реализованы. Имеется существенный прогресс в исследовании систем искусственного интеллекта с учетом их отраслевого применения, однако данный процесс не стал массовым.

Внедрение систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство требует разработки и реализации соответствующей концепции, обеспечения ее необходимыми ресурсами с учетом распоряжения Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.» [8].

Можно выделить две функции, которые призвана выполнять концепция. Первая – комплексное изучение проблемы, вторая – определение направлений, действий, позволяющих достичь поставленной цели.

Концепция должна базироваться на определенной цели (иметь определенный замысел) [181]. Можно сформулировать цель применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Цель применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в повышении эффективности сельскохозяйственного производства и управления отраслью, обеспечении ее устойчивого развития и конкурентоспособности.

Достижение данной цели требует решения следующих задач:

- оценка и удовлетворение потребностей хозяйствующих субъектов и органов управления отраслью в системах искусственного интеллекта;
- «создание системы сбора информации, формирование наборов данных (баз данных) в автоматическом режиме, необходимых для развития систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве» [157];
- «создание условий для активного внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве» [157];
- создание условий для интеграции систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственное производство и управление отраслью;
- поточная разработка и адаптация программных и аппаратных средств, обеспечивающих применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;
- повышение уровня обеспеченности сельского хозяйства кадрами, имеющими компетенции по взаимодействию с системами искусственного интеллекта.

Деятельность по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве требует использования соответствующих принципов, что позволит минимизировать риски от внедрения этих систем, обеспечить достижение поставленных целей. Можно выделить основные принципы применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве (таблица 9):

Таблица 9 – Принципы применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Принципы	Содержание
Эффективности	Достижение поставленных целей с наименьшими затратами применяемых ресурсов, обеспечение высокой экономичности функционирования аппарата управления отраслью
Приоритетности внедрения	Приоритетное внедрение систем в отраслях и регионах с наибольшим потенциалом повышения народнохозяйственной эффективности, а также в проблемных регионах и сельских территориях
Комплексности	Учет при применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве всех основных аспектов аграрного производства: технических, технологических, социально – экономических и других

Продолжение таблицы 9

Принципы	Содержание
Конфиденциальности	Обеспечение защиты конфиденциальных данных, с которыми взаимодействует система искусственного интеллекта, от несанкционированного доступа, утечек и злоупотреблений
Понятности	Результаты работы систем искусственного интеллекта должны быть понятными, интерпретируемыми работниками и специалистами сельского хозяйства
Предсказуемости	Результаты деятельности по применению систем искусственного интеллекта должны быть предсказуемыми на основе используемых алгоритмов и данных для анализа параметров работы систем по заданным критериям качества и безопасности
Технологического суверенитета	Приоритетное применение систем искусственного интеллекта, созданных на программных и аппаратных средствах отечественного производства; хранение информации на мощностях госоператора больших данных

Источник: разработано автором

Принцип «эффективности» при применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в достижении поставленных целей с наименьшими затратами всех видов применяемых ресурсов, повышении экономичности и результативности функционирования аппарата управления отраслью, оптимальном планировании развития сельскохозяйственного производства. Соблюдение данного принципа создаст предпосылки для экономической целесообразности внедрения этих систем в производство и управление отраслью. В конечном итоге соблюдение принципа эффективности позволит повысить конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства, производительность труда, в том числе управленческого.

Принцип «приоритетности внедрения» систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве означает, что при определении направлений наиболее целесообразного внедрения этих систем необходимо учитывать потенциальную народнохозяйственную и общественную значимость, а также потенциал повышения эффективности производства и управления отраслью. Разработка и внедрение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве связаны с большими затратами на создание наборов данных (больших данных), создание соответствующей инфраструктуры, разработкой программного обеспечения и т.д. Поэтому необходимо сосредоточиться на отраслях сельского хозяйства, в

которых внедрение этих систем позволит достичь наибольшего эффекта. Соблюдение принципа «приоритетности внедрения» систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве также позволит повысить уровень доходов и социальную стабильность сельских территорий.

Принцип «комплексности» при применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в необходимости учета всех факторов производства в едином комплексе: технических аспектов создания и функционирования систем искусственного интеллекта, технологии сельскохозяйственного производства, социально-экономических аспектов функционирования отрасли. Соблюдение данного принципа позволит учитывать различные аспекты создания и использования данных систем. Это позволит снизить вероятность наступления рискованных ситуаций и применения этих систем не по назначению, а также повысить их эффективность. Также это позволит определить потенциальные преимущества и возможности применения систем искусственного интеллекта в отрасли и наметить пути их развития.

Принцип «конфиденциальности» при применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве «состоит в обеспечении защиты конфиденциальных данных, с которыми взаимодействует эта система, их защиты от несанкционированного доступа, утечек и злоупотреблений. При этом системы должны использовать только те данные, которые необходимы для выполнения поставленных задач. Соблюдение конфиденциальности позволит повысить уровень доверия субъектов хозяйствования аграрного сектора экономики к системам искусственного интеллекта» [194], что окажет положительное воздействие на динамику внедрения этих систем.

Принцип «понятности» систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит том, что результаты работы этих систем должны быть понятны, интерпретируемы работниками и специалистами отрасли, означает способность системы оповещать об ошибках и сбоях в работе. Это предполагает возможность объяснить, как системы искусственного интеллекта обрабатывают данные, какие используют алгоритмы, какие параметры используются для выработки решений,

характер возможных ошибок и сбоев. Соблюдение этого принципа позволит повысить доверие субъектов хозяйствования и органов управления отраслью к этим системам, повысить интенсивность их использования. Сообщение систем искусственного интеллекта о возможных ошибках и сбоях в работе позволит минимизировать риски для организаций сельского хозяйства и управления отраслью.

Принцип «предсказуемости» состоит в том, что результат работы систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно предсказать на основе используемых этими системами алгоритмов и данных. При использовании одного и того же алгоритма и одних и тех же наборов данных результат всякий раз будет одинаковым. При этом, если используется один и тот же алгоритм, но разные наборы данных, результат может быть разным. Для обеспечения предсказуемости необходимо осуществлять процедуры тестирования, контроль над процессами обучения и настройки этих систем. Принцип «предсказуемости» является важным, поскольку его соблюдение позволяет повысить уровень доверия к системам искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Предсказуемость системы искусственного интеллекта позволяет выполнять анализ на соответствие работы системы заданным критериям качества и безопасности.

Принцип «технологического суверенитета» состоит в приоритетности применения в сельском хозяйстве систем искусственного интеллекта, созданных на программных и аппаратных средствах отечественного производства, в создании и хранении наборов данных на отечественных платформах. Создание и хранение наборов данных, накопленных федеральными и региональными органами управления отраслью, организациями сельского хозяйства, предполагается на мощностях госоператора больших данных. Соблюдение данного принципа особенно актуально в условиях жестких внешнеэкономических ограничений (санкций) [213].

Использование научно обоснованных принципов внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволит активизировать данную деятельность, повысить ее эффективность, что, в свою очередь, будет

способствовать устойчивому развитию и повышению конкурентоспособности хозяйствующих субъектов.

Достижение цели и решение задач внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство требует использования соответствующего инструментария. Инструменты применения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство – это различные меры для развития и внедрения этих систем в сельскохозяйственное производство и управление отраслью. Их применение позволит обеспечить необходимые темпы разработки и внедрения этих систем в отрасль, будет способствовать их ускоренной интеграции в сельскохозяйственное производство и управление аграрным сектором экономики. Кроме того, использование инструментария даст возможность избежать ошибок и сократить затраты, что позволит повысить эффективность процесса внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство. Можно выделить следующие инструменты применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве:

- законодательные – законы, нормативно-правовые акты, устанавливающие правовой режим внедрения и использования систем искусственного интеллекта;

- регуляторные – инструменты по развитию системы государственных стандартов, направленных на регулирование использования этих систем, включая безопасность и защиту персональных данных;

- программно-целевые – отраслевые программы, направленные на поддержку инновационных проектов, научно-исследовательских работ в профильных научных организациях, ориентированные на приоритетное развитие и внедрение систем искусственного интеллекта;

- гранты и премии – финансовая поддержка инициатив по развитию и внедрению систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство;

- инфраструктура – создание и модернизация объектов инфраструктуры сельских территорий, прежде всего сетей связи, сети Интернет, хранилищ данных, собранных в автоматическом режиме с объектов сельскохозяйственного производства и управления отраслью;

- государственные заказы – размещение государственными органами заказов на разработку и внедрение систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство, прежде всего, для поддержки конкуренции на рынке этих систем;

- субсидии – компенсация денежных расходов организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью, связанным с внедрением систем искусственного интеллекта.

Эти инструменты имеют свои достоинства и недостатки. К примеру, государственный заказ может обеспечить развитие систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства малыми инновационными компаниями. Это позволит повысить конкуренцию в области разработки и внедрения этих систем. Однако риски в этой сфере могут привести к существенным финансовым потерям для государственного бюджета.

Субсидии как инструмент поддержки внедрения систем искусственного интеллекта позволят организациям сельского хозяйства диверсифицировать риски использования этих систем [205]. С другой стороны, это может привести к первоочередному внедрению этих систем в крупные агрохолдинги, которые имеют больше возможностей для лоббирования своих интересов. При этом внедрение данных систем в малые и средние организации сельского хозяйства может происходить медленными темпами и приводить к их снижающейся конкурентоспособности.

Развитие инфраструктуры как один из инструментов внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство требует значительного времени и существенных инвестиций со стороны государства, что может ограничить скорость распространения этих систем в отрасли.

Гранты и премии могут иметь ограниченный эффект, поскольку не гарантируют успешную коммерциализацию разработки систем искусственного интеллекта для отрасли. Однако они позволяют привлекать талантливых и опытных разработчиков, которые могут оказывать значительное влияние на развитие этих систем для отрасли.

Государственные программы развития отрасли позволяют привлекать существенные ресурсы и задействовать значительную инфраструктуру для разработки систем искусственного интеллекта для отрасли. Однако их эффективность может быть ограничена бюрократическими процедурами и низкой координацией действий между отраслями.

Законодательные инструменты могут способствовать разработке систем искусственного интеллекта для отрасли путем защиты прав разработчиков и пользователей этих систем, предотвращения злоупотреблений. Однако в случае неэффективной регуляции могут быть нарушены права как разработчиков, так и пользователей этих систем.

Можно рассматривать результаты применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, т.е. конечные итоги применения этих систем в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью. Оценка результатов может являться важным сигналом для принятия решений о дальнейшем применении этих систем в отрасли. Результаты применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве могут быть следующими:

- формирование наборов данных (больших данных) о процессах производства и управления сельскохозяйственным производством;
- увеличение объемов и качества производства сельскохозяйственной продукции;
- повышение экономичности расходования основных видов применяемых ресурсов;
- повышение качества и оперативности принимаемых управленческих решений в организациях сельского хозяйства и органах управления отраслью;
- оптимизация бизнес-процессов в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью;
- снижение негативного воздействия дефицита специалистов и работников в отрасли;
- повышение качества и уровня жизни населения сельских территорий;

– достижение устойчивой конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства.

Эти результаты могут быть получены при соблюдении следующих условий:

– развитие соответствующей законодательной базы использования систем искусственного интеллекта;

– соблюдение принципов внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;

– учет региональных особенностей развития, специализации [199], особенностей территориального размещения сельскохозяйственного производства;

– заинтересованность органов управления отраслью в приоритетном внедрении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Важную роль играют субъекты управления системами искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, т.е. стороны, заинтересованные в развитии и внедрении этих систем в отрасли. К ним можно отнести, прежде всего, органы исполнительной власти. Это Правительство РФ, Министерство сельского хозяйства РФ и его территориальные органы, Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ (Минцифры России), которое курирует развитие цифровых технологий. В последнее время органы исполнительной власти РФ придают большое значение внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, они используют системы искусственного интеллекта для повышения эффективности государственного управления, информированности о состоянии и развитии отрасли, повышении конкурентоспособности отрасли на мировом уровне. Органы исполнительной власти заинтересованы в повышении эффективности функционирования хозяйствующих субъектов.

Другими субъектами управления системами искусственного интеллекта в сельском хозяйстве могут выступать отраслевые союзы. К ним относятся объединения сельхозтоваропроизводителей, других участников для защиты их интересов и представления в органах исполнительной власти и других

инстанциях. Их заинтересованность может состоять в активизации деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта, необходимости защиты интересов пользователя, в том числе в обеспечении защиты конфиденциальных данных и т.д. К этим союзам можно отнести Союз молочников России, Союз зерновых производителей России и т.д. Они могут участвовать в определении потребностей отрасли в системах искусственного интеллекта.

Непосредственно внедрением систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве могут заниматься разработчики этих систем. Их заинтересованность состоит в создании эффективных систем искусственного интеллекта, получении прибыли и расширении рыночной доли в разработке и внедрении этих систем. Наивысшая их заинтересованность может состоять в реализации творческих потребностей, в желании создавать нечто новое, что служит значимым стимулом для создания инноваций. Разработчики могут быть представлены отраслевыми научно-исследовательскими организациями, занятыми разработкой новой техники и технологий; крупными ИТ-компаниями, занятыми созданием компьютерного обеспечения, программных продуктов и т.д. (ПАО Сбербанк, НПО «Автоматика» и др.).

Субъектами и одновременно объектами внедрения систем искусственного интеллекта являются хозяйствующие субъекты аграрного сектора экономики. Это крестьянские фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели, различные кооперативы (СПК, СХПК, ПСК), общества с ограниченной ответственностью (ООО), акционерные общества (АО), агрохолдинги. Они заинтересованы в повышении эффективности производственных процессов, их возможности внедрения систем искусственного интеллекта зависят от финансового состояния, развитости рынка этих систем и других факторов (рисунок 8). В качестве объектов внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно рассматривать конкретные элементы, процессы, системы сельскохозяйственного производства или управления отраслью, на которые направлено применение систем искусственного интеллекта. Объектами

могут выступать как материально-вещественные элементы производства и управления, так и нематериальные.

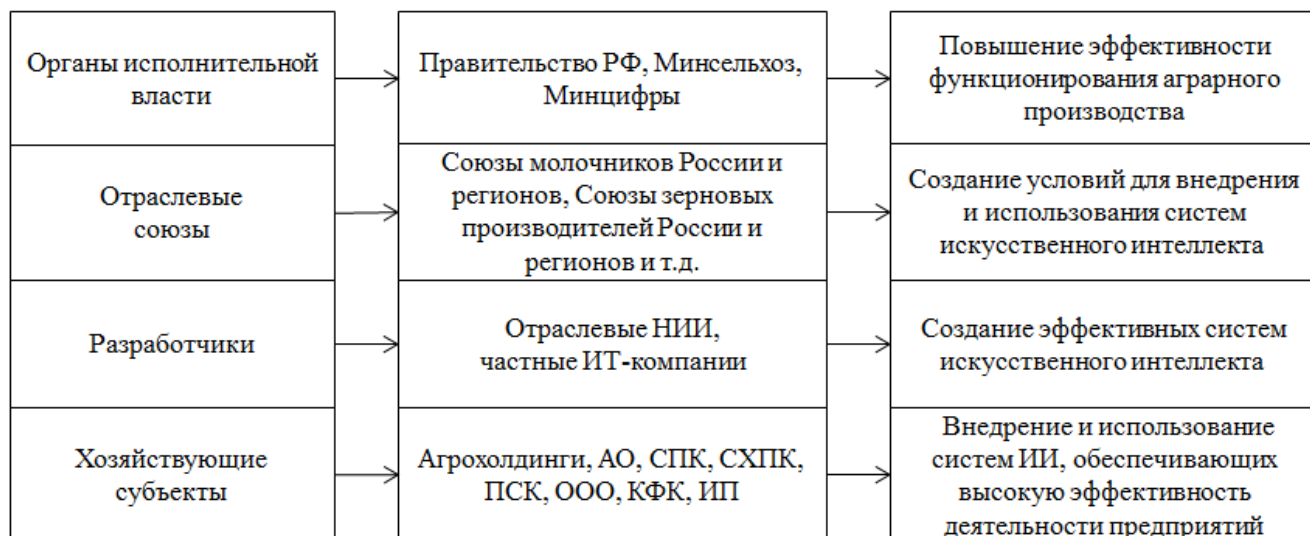


Рисунок 8 – Субъекты внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и их цели

Источник: разработано автором

К этим объектам можно отнести технику и оборудование, технологии, бизнес-процессы, системы управления, рабочие места.

Объекты применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, основная задача внедрения этих систем и предполагаемый эффект представлены на рисунке 9.

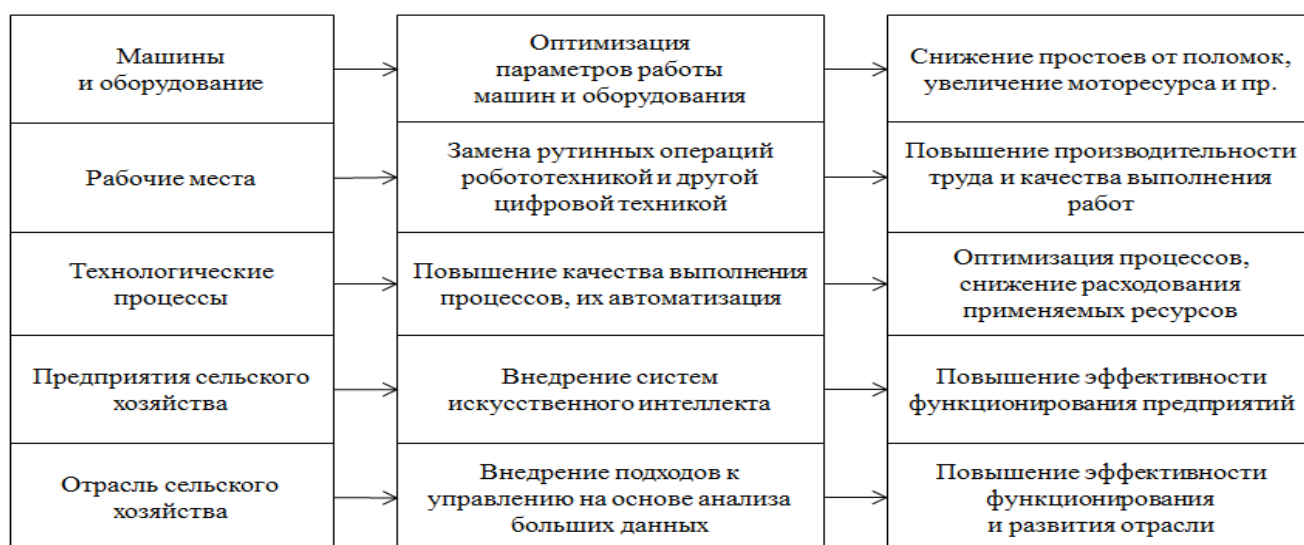


Рисунок 9 – Объекты внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, основные задачи и ожидаемые результаты

Источник: разработано автором

Использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может происходить на различных уровнях и в различных контекстах. Применение этих систем в бизнес-процессах, на рабочих местах, в системах управления сельским хозяйством может существенно различаться по целям и способам использования искусственного интеллекта. Однако на всех этих объектах системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяют повысить эффективность, снизить затраты и увеличить производительность труда.

В сельском хозяйстве используется значительное количество видов машин и оборудования, эффективность функционирования которых можно повысить за счет использования систем искусственного интеллекта. Применение этих систем в сельскохозяйственных машинах и оборудовании – это процесс применения технологий и моделей искусственного интеллекта в работе используемых оборудования и техники, в том числе путем их модернизации. Этот процесс может включать в себя анализ используемой техники и оборудования, определение задач применения систем искусственного интеллекта, выбор конкретных технологий или моделей для внедрения, разработку и тестирование прототипов, установку оборудования и программного обеспечения, оценку результатов применения. К примеру, в доильном роботе датчики для сбора информации о техническом состоянии позволяют заблаговременно получать данные о состоянии различных узлов и агрегатов. Применение этих систем в сельскохозяйственных машинах и оборудовании позволяет снизить простои и поломки за счет мониторинга технического состояния, оптимизировать рабочие параметры машин и оборудования.

Внедрение систем искусственного интеллекта в технологические процессы сельского хозяйства связано с разработкой новых, ранее не используемых в отрасли, технологий и усовершенствованием уже существующих технологий и способов производства. Применение их в технологических процессах позволяет снизить расходование основных видов применяемых ресурсов, повысить качество выполнения всех процессов, снизить влияние человеческого фактора [105] на результаты сельскохозяйственного производства (рисунок 10).



Рисунок 10 – Общая схема применения систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственных машинах и оборудовании

Источник: разработано автором

Отдельные виды работ, выполняемых в сельском хозяйстве, можно разбить на бизнес-процессы. Применение систем искусственного интеллекта в бизнес-процессах сельского хозяйства – это процесс изменений или улучшения существующих бизнес-процессов путем внедрения этих систем с целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства. К примеру, применение систем искусственного интеллекта по мониторингу здоровья животных позволяет ветеринару на ранних стадиях определить начало заболевания и своевременно предотвратить его развитие. Использование систем искусственного интеллекта в бизнес-процессах позволяет их автоматизировать, повысить качество принимаемых управленческих решений на каждом этапе производственного процесса.

Важное значение имеет применение систем искусственного интеллекта на рабочих местах, включающее оптимизацию выполняемых процессов, анализ наборов данных, поддержку (автоматизацию) принятия решений с использованием технологий искусственного интеллекта на рабочих местах руководителей, специалистов и рабочих. Основная цель применения этих систем – повышение производительности труда, снижение рисков, связанных с человеческим фактором, снижение рутинности выполняемых операций [89]. Применение данных систем на рабочих местах может потребовать изменений в обучении и развитии работников, однако будет способствовать улучшению условий труда, приведет к изменению соотношения времени труда и отдыха, в том числе к появлению удаленной занятости, внедрению новых методов мотивации работников и т.д. Это также вызывает необходимость защиты персональных данных и конфиденциальной информации.

Существенное значение имеет деятельность по управлению в отрасли. Она имеет значительный потенциал для повышения эффективности за счет внедрения и использования систем искусственного интеллекта. Применение систем искусственного интеллекта в управлении сельским хозяйством – это создание и использование методов управления, основанных на анализе больших данных, изменение существующих систем управления, внедрение новых подходов к управлению и т.д. Применение данных систем в управлении отраслью можно рассматривать на трех уровнях: на уровне организаций, на уровне регионов, на

уровне государства. На уровне организации их применение направлено на прогнозирование урожайности сельхозкультур, определение оптимальных сроков посева и уборки, анализ используемых ресурсов, в том числе воды, почвы, средств защиты растений и т.д., прогнозирование погоды, прогноз рисков заболевания растений и животных и пр. [78]. На уровне региона применение этих систем позволяет оптимизировать цепочки поставок, повысить эффективности управления земельными ресурсами, повысить оперативность реагирования на запросы субъектов хозяйствования и пр. Также их использование позволяет повысить качество прогнозирования развития сельского хозяйства на уровне регионов. На уровне страны применение систем искусственного интеллекта в управлении сельским хозяйством позволит повысить точность планирования показателей развития отрасли, прогнозировать с высокой точностью цены на продовольствие на мировом рынке, оптимизировать специализацию и размещение сельскохозяйственного производства по регионам страны и т.д.

Это позволяет повысить эффективность функционирования аппарата управления сельским хозяйством на всех уровнях за счет роста объемов производства продукции в расчете на одного работника. Применение данных систем позволяет повысить экономичность аппарата управления – снизить затраты на анализ текущего состояния развития отрасли, на прогнозирование цен на сельскохозяйственную продукцию, оптимизировать цепочки поставок продукции и т.д. (рисунок 11).

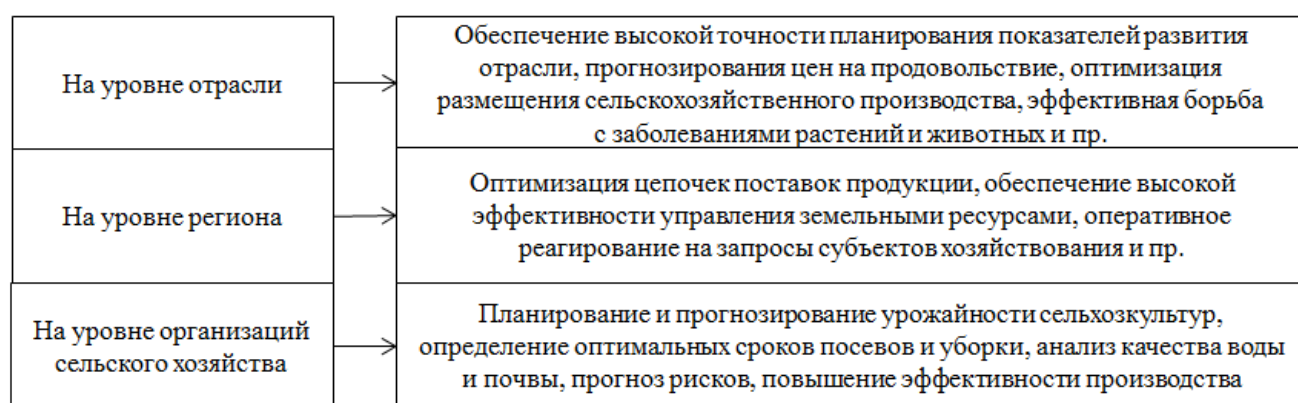


Рисунок 11 – Возможности систем искусственного интеллекта в управлении
сельским хозяйством

Источник: разработано автором

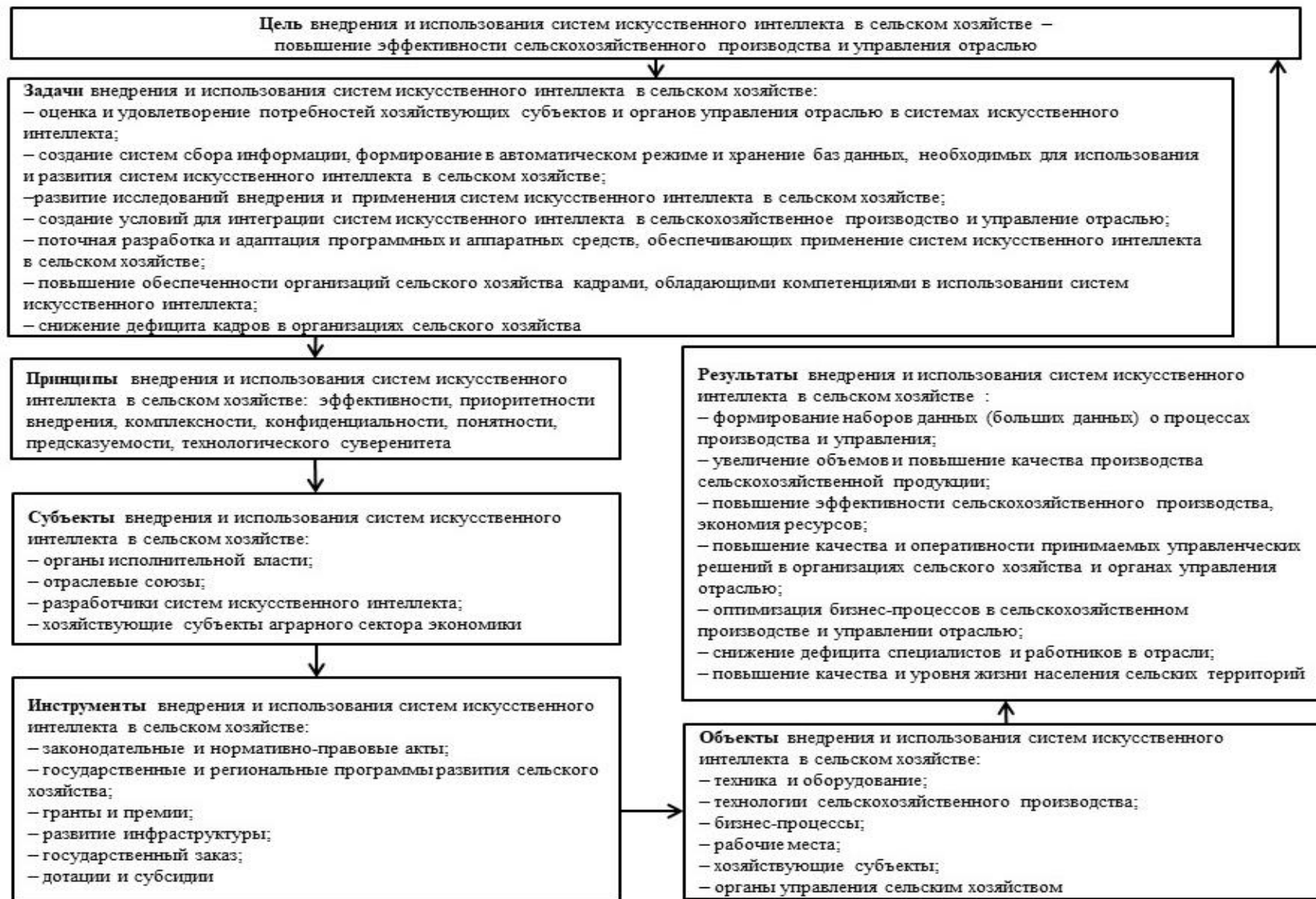


Рисунок 12 – Концепция применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: разработано автором

Концепция отражает взаимосвязи цели, задач, субъектов и объектов, инструментов и результатов внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Позволяет определить общую идею, направление действий, которые могут быть использованы для внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Может послужить основанием для разработки решений, которые будут влиять на дальнейшее внедрение и использование систем искусственного интеллекта в отрасли. Можно обобщить выявленные элементы концепции внедрения и применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве (рисунок 12).

Как видно из рисунка 12, концепция отражает взаимосвязи цели, задач, субъектов и объектов, инструментов и результатов применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Концепция позволяет определить общую идею, направление действий, которые могут быть использованы для достижения внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Она может послужить основанием для разработки дальнейших шагов и решений, которые будут предприниматься в процессе дальнейшего внедрения и использования систем искусственного интеллекта в отрасли.

1.4. Нормативно-правовое регулирование применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

К настоящему времени в РФ сформирована некоторая система нормативно-правовых документов, направленных на регулирование деятельности по развитию отрасли. Нормативно-правовая база развития сельского хозяйства необходима для обеспечения эффективной работы сельскохозяйственных предприятий, создания условий для повышения производительности и качества продукции, улучшения уровня жизни населения сельских территорий, сохранения природных ресурсов и обеспечения устойчивого развития отрасли, создания условий для увеличения производства и улучшения качества продукции. Нормативно-правовое

обеспечение направлено на создание благоприятной инвестиционной среды для развития отрасли, стимулирование развития и внедрения инновационных технологий, развитие рынка сельскохозяйственной продукции. Наконец, оно направлено на сохранение природных ресурсов, предотвращение негативного влияния на окружающую среду, обеспечение устойчивого развития отрасли на долгосрочный период. В РФ в последние годы было принято несколько нормативно-правовых документов, направленных на регулирование развития сельского хозяйства.

Так, в 2018 г. Департаментом цифрового развития и управления государственными информационными ресурсами АПК Минсельхоза «представлен ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». Сроки реализации этого проекта 2019-2024 гг. [1]. Основная цель проекта – «цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности труда на “цифровых” сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 г.» [1]. В рамках проекта основным направлением выступает цифровое государственное управление отраслью, что предполагает создание «умных контрактов», информационной системы данных о сельскохозяйственных угодьях («умный гектар», «умная ферма» и т.д.) [114, 115, 116]. Предполагается, что до 2024 г. доля данных о сельхозугодьях и доля умных контрактов в цифровом виде достигнет 100%. В рамках проекта предполагается создание информационной структуры, разработка цифровых решений для отрасли, в том числе «умная ферма», «умное стадо», «умная теплица», «умный агроофис» и т.д. Одним из основных направлений обеспечения этого является «подготовка кадров для цифровой экономики, которая предполагает переподготовку по цифровым технологиям» [1] 35% специалистов отрасли. В конечном итоге реализация ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» позволит добиться увеличения производительности труда в 1,5 раза, снижения затрат на производство продукции на 20%, повышения доли отслеживаемости в цифровом виде аграрной продукции на экспорт – 50% (на

конец периода реализации проекта) [207]. Всего на реализацию проекта планируется израсходовать 300 млрд р., в том числе из федерального бюджета – 152 млрд р.

Проект «Цифровое сельское хозяйство» содержит понятие «искусственный интеллект – как свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. Самый общий подход предполагает, что искусственный интеллект будет проявлять поведение, которое не отличается от человеческого» [1]. Несмотря на сформулированный подход, в проекте не раскрывается, какие именно системы искусственного интеллекта будут разработаны. Не сформулированы четкие индикаторы и показатели, которые позволяют определять уровень внедрения и эффективность применения этих систем в сельском хозяйстве. В проекте отмечается, что для «выполнения задач синхронизации и очистки нормативно-справочной информации» к 2024 г. будут использоваться «современные инструменты, реализующие технологии DataQuality, MachineLearning и искусственного интеллекта». При этом не установлены конкретные индикаторы или показатели того, в какой степени будет осуществляться их использование на уровнях хозяйств, регионов и отрасли в целом. В проекте не определено понятие «машинное обучение», оно употребляется в качестве синонима понятия «искусственный интеллект», что указывает на наличие некой понятийной неопределенности в этой области. При этом в научной литературе машинное обучение нередко определяется как некая часть (и существенная) методов искусственного интеллекта. В рамках ведомственного проекта планируется, что в «системах сбора, хранения и обработки данных об объектах сельскохозяйственных ресурсов, сельскохозяйственном сырье и готовой продукции» будут использованы к 2024 г. «инструменты, реализующие технологии BigData и распознавания образов», однако не указаны конкретные показатели и индикаторы применения этих инструментов.

Распоряжением Правительства РФ от 8 сентября 2022 г. № 2567-р утверждена «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного

комплексов Российской Федерации на период до 2030 г.» [9]. Предполагается, что реализация стратегии позволит увеличить объем производства продукции сельского хозяйства к 2030 г. на 29,7%, экспорт сельхозпродукции – на 54,4% и пр. Значительное внимание уделяется дальнейшему развитию цифровой трансформации с учетом текущих внешнеполитических и экономических рисков. В соответствии с данной программой предполагается, что к 2030 г. будет создана единая цифровая платформа агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. Это позволит «увеличить объем достоверных и актуальных сведений о количественных характеристиках и границах земель сельскохозяйственного назначения, включая количественные и качественные характеристики сельскохозяйственных угодий, вовлекаемых в оборот, с 4,7% в настоящее время до 100% в 2030 г.» [9]. В качестве одного из показателей (индикаторов), отражающих эффективность создания этой платформы, предполагается, что к 2030 г. она будет получать данные по 100 тыс. показателей развития отрасли. Это позволит создать единый массив сопоставимых данных, что в перспективе позволит принимать обоснованные управленческие решения по управлению отраслью. Как указано в стратегии, без развития новых технологий достичь указанных целей будет сложно. Создание единой цифровой платформы с заявленными параметрами, увеличение объема достоверных и актуальных сведений о земельных угодьях и других параметрах возможно с использованием систем искусственного интеллекта. Между тем в стратегии не упоминаются системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, отсутствуют какие-либо показатели или целевые индикаторы развития этих систем в отрасли. Это вызывает необходимость уточнения понятийного аппарата, разработки системы показателей, характеризующих внедрение и эффективность использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

«В целях обеспечения стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции разработана Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 гг., утвержденная постановлением Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996. К основным

задачам, определенным программой, отнесены обеспечение стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции, получаемого за счет применения семян новых отечественных сортов и племенной продукции (материала), технологий производства высококачественных кормов, кормовых добавок для животных и лекарственных средств для ветеринарного применения, пестицидов и агрохимикатов, производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, современных средств диагностики, методов контроля качества сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, экспертизы генетического материала» [7]. Сформулированы основные индикаторы и показатели развития отрасли на перспективу до 2030 г. В частности, предполагается, что уровень инновационной активности организаций в сельском хозяйстве увеличится до 35%. При этом объем привлеченных инвестиций в отрасль в рамках программы составит почти 34 трлн р. Предполагается, что ежегодные объемы роста объектов вводимой инфраструктуры составят 5% до 2030 г. При этом указывается, что уровень обеспеченности отрасли кадрами, подготовленными по современным образовательным программам обучения, должен составить 100%.

Одним из направлений стратегии является обеспечение «производства семян новых отечественных сортов сельскохозяйственных растений» [7]. Предполагается ежегодное (до 2030 г.) увеличение на 5% темпов производства семян отечественной селекции. Другим направлением этой программы является создание современных средств диагностики патогенов сельскохозяйственных культур, планируется создание 15 единиц таких средств диагностики. Наиболее перспективными средствами диагностики патогенов, по предварительным оценкам, являются системы искусственного интеллекта. Они позволяют на ранних стадиях диагностировать ряд болезней сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых и плодовых культур.

В соответствии со стратегией предполагается до 2030 г. разработать не менее 15 конкурентоспособных технологий производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции. Современные тенденции развития

сельского хозяйства в мире связаны с широким применением цифровых технологий, в том числе технологий интернета вещей, аналитики больших данных, робототехники, систем искусственного интеллекта. Использование этих технологий и систем позволит существенно снизить затраты используемых ресурсов, увеличить производительность труда, повысить качество решений, принимаемых руководителями субъектов предпринимательства и органов управления отраслью. Очевидно, что для создания конкурентоспособных на мировом уровне технологий производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции потребуются развитие отечественных цифровых решений, в том числе с применением систем на основе искусственного интеллекта.

Несмотря на высокую значимость цифровых технологий, которая подчеркивается в программе научно-технического развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг., в ней не сформулированы задачи в области развития отраслевых систем искусственного интеллекта, отсутствуют понятия, раскрывающие сущность систем искусственного интеллекта. Не приведены индикаторы внедрения и целевые показатели развития этих систем. Это, очевидно, существенно затруднит преодоление больших вызовов текущего времени.

Распоряжением Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р также утверждены стратегические «направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.». В соответствии с этими направлениями «целями цифровой трансформации являются достижение “цифровой зрелости” в сфере агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, достижение продовольственной безопасности, повышение эффективности производственных процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, расширение сбытовых возможностей предприятий агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, а также повышение цифровой грамотности работников предприятий агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов» [8]. В распоряжении Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р указаны ряд проблем и вызовов

цифровой трансформации сельского хозяйства. В частности, отмечены высокий дефицит кадров для сельского хозяйства с цифровыми навыками, отсутствие актуальных программ по подготовке таких специалистов в системе аграрного образования. Другими проблемами являются недостаточная развитость инфраструктуры, отсутствие единой цифровой площадки получения данных и недостаточная точность имеющихся данных о состоянии отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов (таблица 10).

Таблица 10 – Системы искусственного интеллекта как объект отраслевого нормативно-правового регулирования

Программные документы	Наличие и содержание сформулированного понятия систем искусственного интеллекта	Цели в области внедрения и использования систем искусственного интеллекта в отрасли
Ведомственный проект Министерства сельского хозяйства РФ «Цифровое сельское хозяйство» сроком реализации 2019–2024 гг. [1]	Искусственный интеллект – свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека	Использование инструментов на основе технологий майнинга данных машинного обучения и искусственного интеллекта для решения задач интеллектуального анализа данных и прогнозирования. Разработка системы сбора, хранения и обработки данных об объектах сельского хозяйства, сельскохозяйственном сырье и готовой продукции с использованием инструментов на основе анализа больших данных
Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 гг. [7]	Не сформулированы понятия, раскрывающие сущность систем искусственного интеллекта	Не сформулированы целевые показатели и индикаторы внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве
Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г. [9]	Не сформулированы понятия, раскрывающие сущность систем искусственного интеллекта	Создание единой цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов к 2030 г., способствующей получению единого однородного массива сопоставимых данных (не менее 100 тыс. показателей к 2030 г.), необходимых для принятия обоснованных управленческих решений
Стратегические направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г. [8]	Не сформулированы понятия, раскрывающие сущность систем искусственного интеллекта	Количество процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, автоматизированных посредством искусственного интеллекта, не менее 5 единиц (к 2030 г.)

Источник: составлено автором

В результате реализации «Стратегических направлений...» к 2030 г. предполагается создание единой цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, на первом этапе – на 40%, на втором этапе – на 100 % (к 2030 г.). Предполагается, что в 2030 г. планирование балансов производства и потребления в цифровом виде составит 100%. Вопросы оказания государственных услуг, поддержки АПК, взаимодействия между органами исполнительной власти будут решаться в цифровом виде. При этом будут обеспечены прослеживаемость прохождения зерна, учет и прослеживаемость скота и продукции животноводства. Предполагается, что значительная доля электронной продукции (47-59,1%), используемой для реализации целевых индикаторов, будет произведена отечественными производителями электроники.

Для достижения указанных значений «реализации “стратегических направлений” в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ будут внедрены соответствующие цифровые технологии, искусственный интеллект, в том числе машинное обучение, компьютерное зрение» [8]. Предполагается, что «количество процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, автоматизированных посредством искусственного интеллекта, достигнет 5 единиц к 2030 г.» [8]. Однако в документе не показано, что следует понимать под искусственным интеллектом, в чем состоит его отличие от машинного обучения, каковы особенности компьютерного зрения. Также не сформулированы показатели, по которым будут оцениваться уровни внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Таким образом, в нормативно-правовых документах по регулированию развития сельского хозяйства значительное внимание уделено активизации использования цифровых технологий, в том числе на основе систем искусственного интеллекта. Однако такое регулирование носит фрагментарный характер, системы искусственного интеллекта отражаются в нем как сквозные, способствующие цифровизации отрасли [209, 211, 253]. Во многих нормативно-правовых документах не сформулировано сущностное содержание понятий

систем искусственного интеллекта как объектов развития, управления. К недостаткам нормативно-правового регулирования развития отрасли можно отнести недостаточно четкое формулирование целевых показателей и индикаторов применения этих систем в отрасли. Не определены конкретные процессы в сельском хозяйстве, которые наиболее целесообразно автоматизировать с применением систем искусственного интеллекта. Не разработан организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в отрасли. Одной из причин сложившегося положения является слабая методологическая разработка вопросов применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, отсутствие методик определения показателей внедрения и эффективности использования систем искусственного интеллекта в аграрном секторе экономики.

ГЛАВА 2 ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

2.1 Анализ публикаций по исследованию деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

В процессе исследования выполнен анализ публикаций по проблемам использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Были использованы различные базы данных, основные из них eLIBRARY.RU и Web of Science. Они отличаются особенностями интерфейсов и поиска информации. Наиболее удобной базой с точки зрения отбора необходимых публикаций является Web of Science. Ее функциональные возможности позволяют выбрать необходимые публикации с использованием различных критериев. К ним можно отнести год выхода публикации, страну происхождения, наименование исследовательской организации, направленность исследования и др.

Анализ исследований проблем использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве был выполнен в несколько этапов. На первом – произведен поиск публикаций по ключевым фразам «искусственный интеллект» и «сельское хозяйство. При этом были задействованы статьи из научных журналов, материалы исследований и конференций, монографии. Из анализа были исключены обзорные статьи, магистерские и докторские диссертации. В ходе анализа использованы публикации за период с 2010 по 2021 г. включительно, дата завершающего обращения к БД Web of Science – 23 января 2022 г. Как видно из рисунка 13, в общей сложности было выявлено 1362 статьи в БД Web of Science и 85 статей в БД eLIBRARY.RU, удовлетворяющих критериям поиска (рисунок 13).

На следующем этапе были выявлены основные области (направления) исследований применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Это осуществлено путем обобщения наиболее часто встречающихся ключевых слов в первоначально выбранной совокупности публикаций.

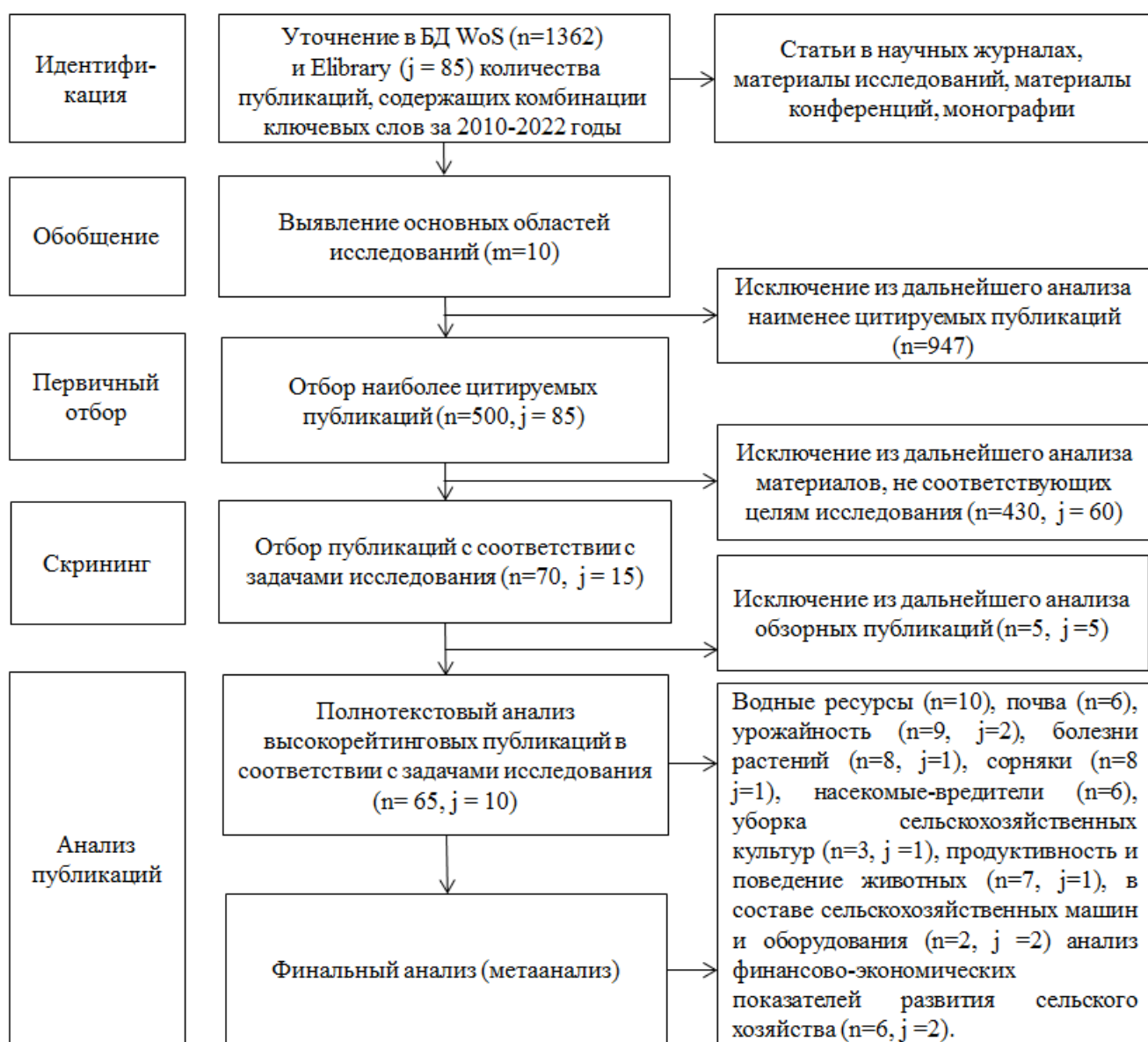


Рисунок 13 – Выполнение анализа публикаций, зарегистрированных в БД Web of Science и eLIBRARY.RU

Источник: разработано автором

В общей сложности выделено 10 таких направлений. При этом было выявлено, что значительная часть публикаций относится к направлениям «управление водными ресурсами» (18,1%), «анализ состояния почвы» (15,0%), «прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур» (17,3%), «выявление и идентификация болезней растений» (8,6%), «выявление и идентификация сорняков» (4,5%), «выявление и идентификация насекомых-вредителей» (5,3%), «уборка сельскохозяйственных культур» (6,1%),

«прогнозирование продуктивности и поведения животных» (8,9%), «в составе сельскохозяйственных машин и оборудования» (3,7%), «анализ финансово-экономических показателей развития сельского хозяйства» (13,1%).

На следующем этапе исследования отобраны наиболее цитируемые статьи. Для этого в поисковом запросе вместе с фразами «искусственный интеллект» и «сельское хозяйство» указана третья поисковая фраза, отражающая основные направления исследований («водные ресурсы», «почвы» и др.). При этом по каждому направлению отобрано пятьдесят наиболее цитируемых публикаций. В качестве допущения принято, что данное количество публикаций является исчерпывающим. Самые цитируемые публикации содержат наиболее важные для результатов исследования информацию. Наименее цитируемые – подлежат исключению из дальнейшего анализа (1447 публикации). На следующем этапе использовано 500 публикаций из БД Web of Science – по 50 по каждому из 10 основных направлений исследований. Все статьи из БД eLIBRARY.RU ($j = 85$) были приняты к дальнейшему рассмотрению.

На этапе скрининга осуществлен отбор публикаций в соответствии с задачами исследования. Для этого выполнен анализ названий и аннотаций публикаций. Обязательным условием было наличие в аннотации прямого указания на конкретную систему искусственного интеллекта, которая использована в исследовании. При этом важным условием было наличие в аннотации указаний на конкретную сферу применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Были исключены публикации, не имевшие отношения к данной теме. В общей сложности для глубокого изучения было отобрано 70 публикаций из БД Web of Science, а 430 были исключены из анализа.

На заключительном этапе выполнен анализ – изучение полнотекстовых публикаций. При этом были исключены обзорные статьи. Таким образом, в заключительном варианте сформирован список из 75 публикаций.

Анализ показал, что в последние годы наблюдается экспоненциальный рост публикационной активности по проблемам использования искусственного интеллекта в сельском хозяйстве в соответствии с БД Web of Science (рисунок 14).

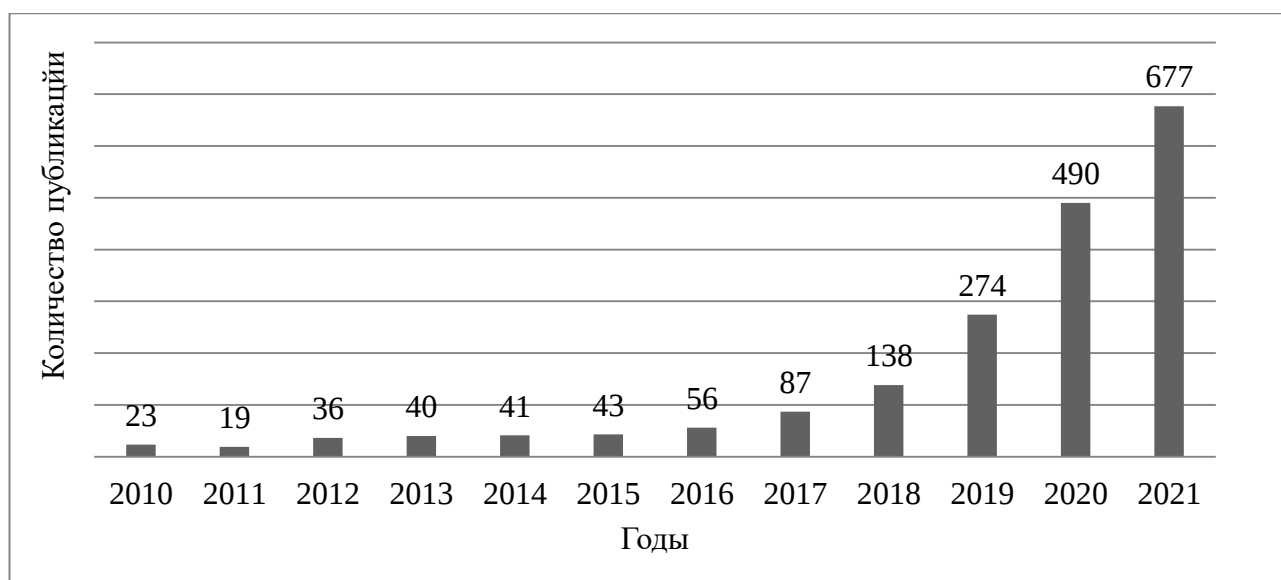


Рисунок 14 – Динамика публикаций, зарегистрированных в БД Web of Science, по годам, ед.

Источник: разработано автором

Как видно из данных рисунка 14, в последние годы наблюдалось существенное повышение публикационной активности по вопросам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Более половины публикаций вышли в свет в 2021 (35,2%) и в 2020 (25,5%) гг. Существенный рост публикационной активности по данной научной проблеме наблюдается с 2016 г. Прирост количества публикаций в 2016 г. к 2015 г. составил 30,5%, темпы прироста 2017 г. к 2016 г. – 55,3%, 2018 г. к 2017 г. – 58,6%, 2019 г. к 2018 г. – 98,6%, 2020 г. к 2019 г. – 78,8%. Однако темпы прироста публикационной активности замедлились в последнее время, что можно связать с длительными сроками обработки статей и включения их в базу WoS. Увеличение количества публикаций может быть связано с «отработкой» применения этих технологий и ростом числа специалистов, способных работать с ними.

Вызывает интерес характеристика публикаций по типам документов (рисунок 15).

Как видно из данных рисунка 15, наибольшее количество публикаций по выбранной теме относится к статьям в научных журналах. Существенная часть публикаций — это материалы конференций и рецензии на статьи.

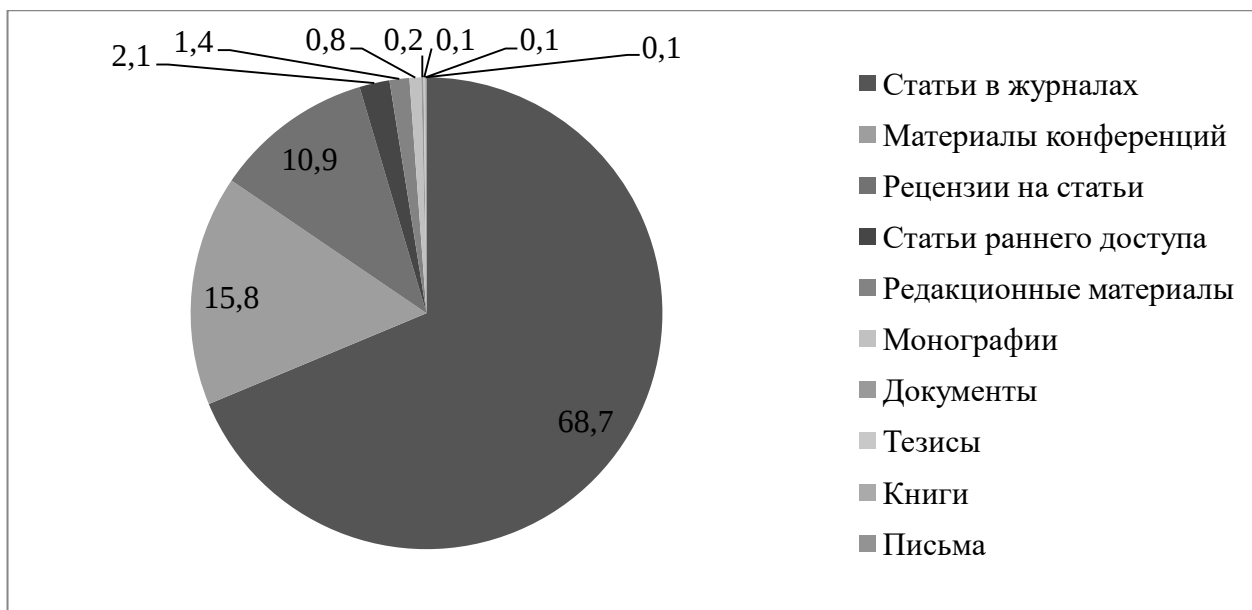


Рисунок 15 – Структура анализируемых публикаций по типам документов

БД Web of Science, %

Источник: разработано автором

Незначительная часть отобранных публикаций относится к статьям раннего доступа к редакционным материалам. Небольшое количество публикаций по данной проблеме – в виде монографий, тезисов, книг и писем.

Финальный анализ данных публикаций показал, что значительная часть исследований посвящена проблемам управления водными ресурсами (13,3%), прогнозирования урожайности культур (14,7%), выявления и идентификации болезней растений (12,0%), выявления и идентификации сорняков (12,0%), прогнозирования продуктивности и поведения животных (10,7%). Меньшая часть исследований посвящена анализу состояния почвы (8,0%), выявлению и идентификации насекомых-вредителей (8,0%), повышению эффективности уборки сельскохозяйственных культур (5,3%), использованию в составе сельскохозяйственных машин и оборудования (5,3%). Существенная часть исследований посвящена анализу финансово-экономических показателей развития сельского хозяйства (10,7%) (рисунок 16). Как можно видеть, несколько уменьшилась доля публикаций по проблемам управления водными ресурсами, анализу финансово-экономических показателей, анализу состояния почвы.

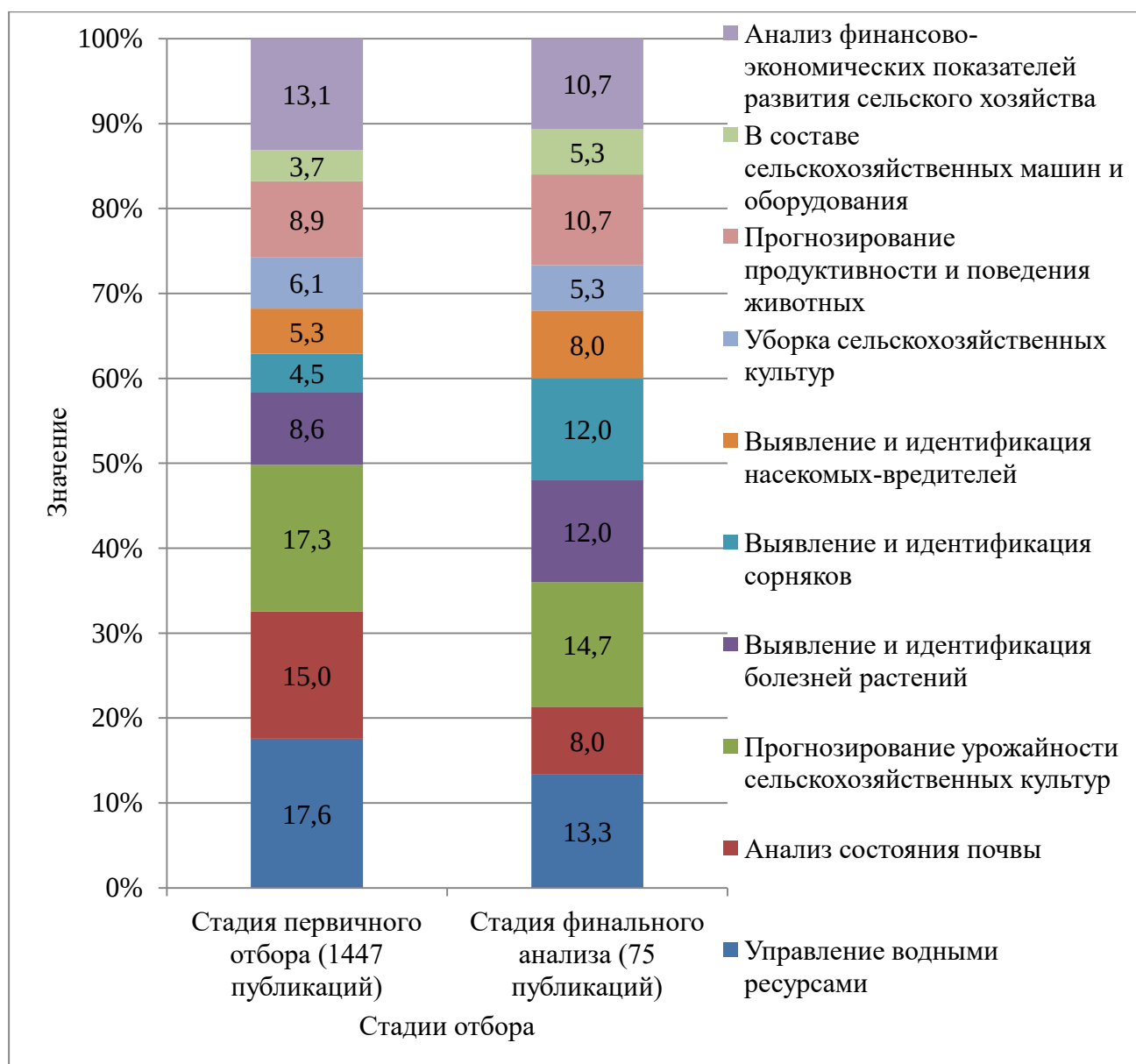


Рисунок 16 – Структура публикаций по направлениям исследований на различных этапах анализа БД Web of Science и eLIBRARY.RU

Источник: разработано автором

Это связано с тем, что на этапе первичного отбора значительное количество публикаций по данным проблемам удовлетворяли основным требованиям. Однако в дальнейшем было установлено, что некоторые из них не содержат указаний на конкретную применяемую технологию искусственного интеллекта или не имеют непосредственного отношения к сельскохозяйственному производству. Таким образом, был выполнен отсев статей из первоначального количества. С другой стороны, произошло увеличение доли статей по таким

категориям, как выявление и идентификация сорняков и болезней растений, а также насекомых-вредителей.

Вызывает интерес география организаций, осуществляющих исследования проблем использования искусственного интеллект в сельском хозяйстве (рисунок 17).

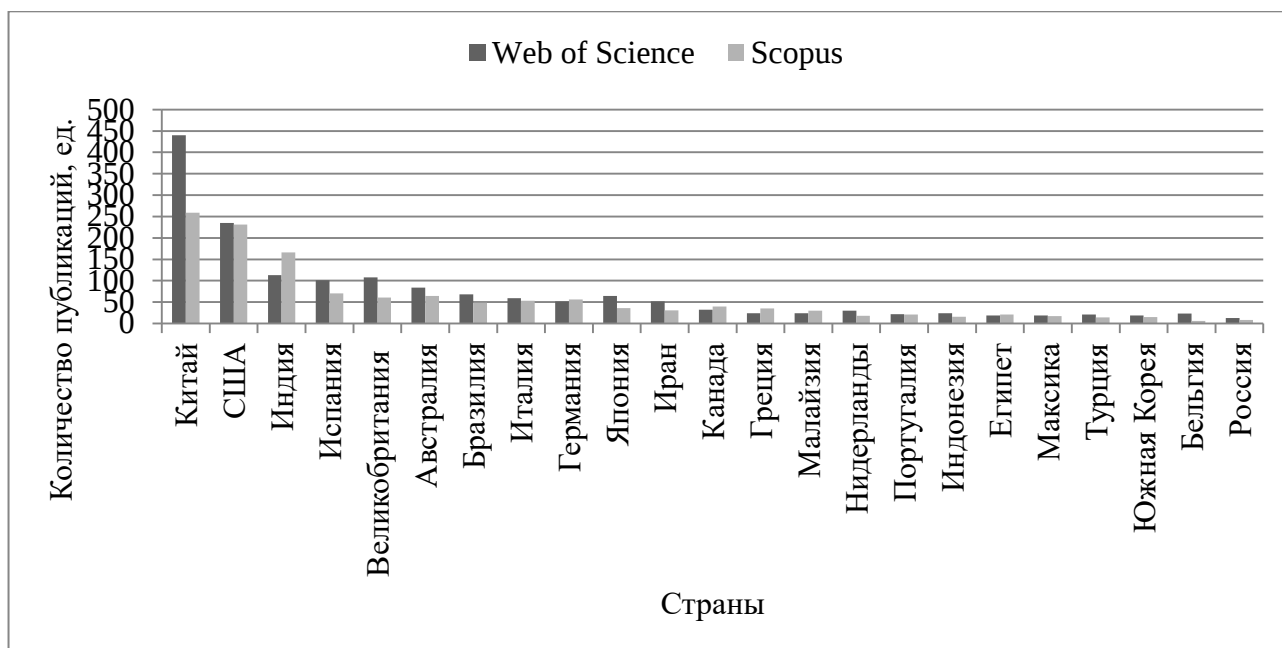


Рисунок 17 – Количество публикаций по проблемам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве по странам (на конец 2021 г.)

Источник: разработано автором

Данные показывают, что исследования в области применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве приобретают значительные масштабы. Это находит отражение в нескольких аспектах. Прежде всего, следует отметить существенное расширение географии исследований. До 2010 г. насчитывалось около десяти стран, – в основном можно отнести к промышленно развитым – США, Франция, Германия и др., – ученые которых исследовали вопросы применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. В настоящее время коллективы ученых более чем 60 стран занимаются такими исследованиями. При этом данные исследования активно осуществляют коллективы ученых стран, относящихся традиционно к аграрным (Индонезия,

Пакистан, Вьетнам и др.). В некоторых из них этим занимаются одновременно несколько крупных университетов. Эта работа активно проводится в странах с традиционно развитым сельским хозяйством – в США, Японии, Франции, Германии, Великобритании, Голландии. Следует заметить, что США и Китай значительно опережают другие страны в области разработок, связанных с системами искусственного интеллекта.

Важным вопросом является определение научных организаций, осуществляющих исследования вопросов применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве (рисунок 18).

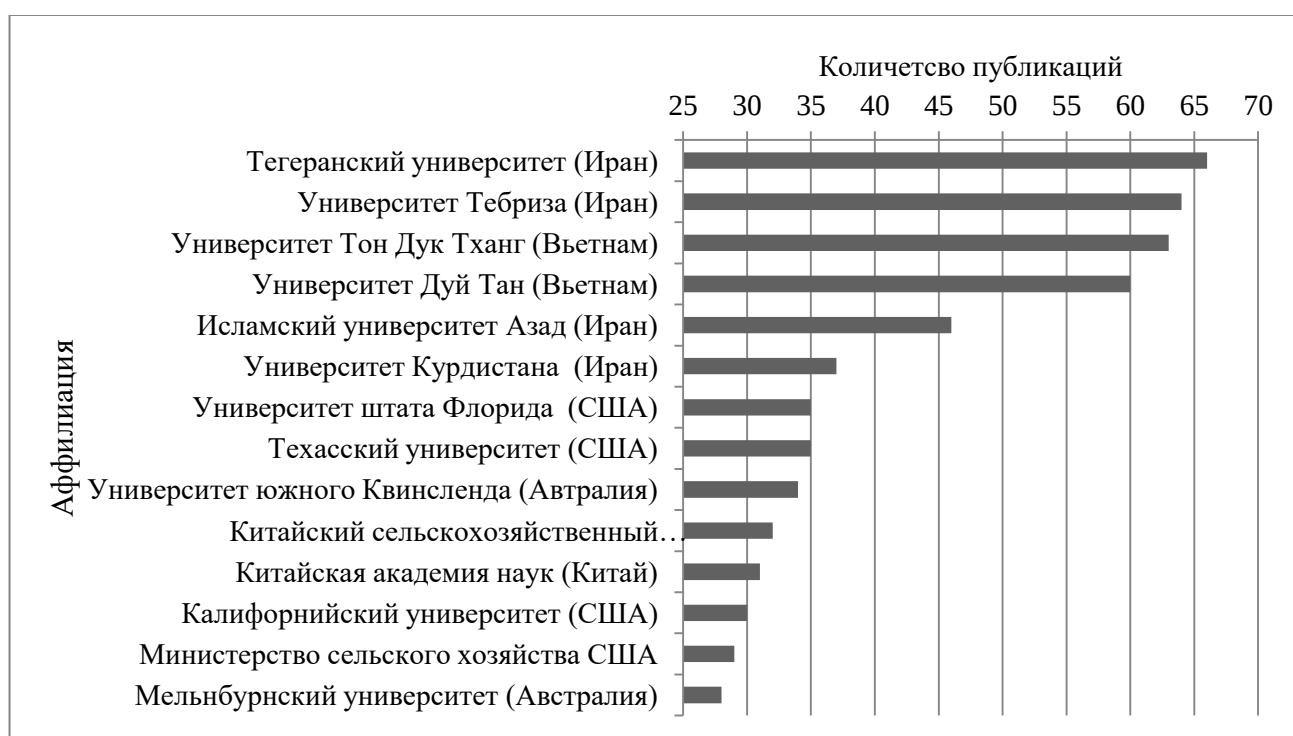


Рисунок 18 – Аффилиация публикаций, процитированных в БД Web of Science, по странам и исследовательским организациям, ед.

Источник: разработано автором

Исследованиями вопросов применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве занимается значительное количество научных организаций. Среди них можно отметить Тегеранский университет (University of Tehran, Иран), Университет Тебриза (Иран), Университет Тон Дук Тханг (Вьетнам), «Китайский сельскохозяйственный университет (China Agricultural University, Китай),

Китайская академия наук (Chinese Academy of Sciences, Китай), Министерство сельского хозяйства США (United States Department of Agriculture, USDA, США), Китайскую академию сельскохозяйственных наук (Chinese Academy of Agricultural Sciences, Китай), Национальный институт агрономических исследований (Institut national de la Recherche Agronomique, INRA, Франция), Высший совет по научным исследованиям (Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, CSIC, Испания), Государственное объединение научных и прикладных исследований (Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation, CSIRO, Австралия)» [160; 170]. Ведущими исследовательскими организациями можно считать институты Китая, три из них (Китайский сельскохозяйственный университет, Китайская академия наук и Китайская академия сельскохозяйственных наук) входят в десятку лидирующих по количеству публикаций в ведущих научных базах цитирования. В числе лидеров находятся исследовательские организации США, Ирана, Бразилии, Испании, Франции, Австралии.

Следует заметить, что в настоящее время имеется существенное отставание России в области исследований применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Обзор статей по ключевым словам в отечественной БД eLIBRARY.RU показал, что количество статей, удовлетворяющих критериям исследования, является весьма ограниченным. В процессе исследования путем ручного скрининга также отобраны публикации по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Выполнен количественный анализ выборки основных определений систем искусственного интеллекта с уточнением содержания данного термина.

Для изучения понятийного аппарата и других целей данной области исследования были отобраны статьи, диссертации, депонированные рукописи, патенты. При этом в поисковом запросе в базе данных eLIBRARY.RU было указано словосочетание «искусственный интеллект» и указана рубрика 06.00.00 «Экономика и экономические науки». Таким образом, было отобрано с использованием поисковой системы 21476 публикаций. В подавляющем

большинстве они не имели непосредственного отношения к поисковому запросу, что, по нашему мнению, связано с недостатками поисковой системы базы данных eLIBRARY.RU. Затем в массиве полученных публикаций были отобраны статьи с ключевым словом «сельское хозяйство». Общее количество отобранных таким образом статей составило 15. Из них были отобраны 10 статей, представляющих интерес с точки зрения цели и задач исследования.

Таким образом, с 2012 г. наблюдается экспоненциальный рост количества публикаций по проблемам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Анализ этих публикаций позволяет выявить основные направления использования данных систем, способствует определению перспектив и последствий их применения и т.д.

2.2 Обзор исследований по вопросам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Управление водными ресурсами в сельскохозяйственном производстве требует значительных усилий и имеет важное значение. По оценкам Всемирного банка, к 2050 г. население планеты может увеличиться до 9 млрд чел., что приведет к увеличению использования воды для нужд сельского хозяйства на 15%. В настоящее время более 1,5 млрд чел. живет в условиях дефицита воды. Это требует соответствующих мер в области управления водными ресурсами. Сложность и неопределенность прогнозирования потребности в водных ресурсах делают управление водными ресурсами чрезвычайно сложной задачей, особенно при использовании традиционных инструментов. Применение систем искусственного интеллекта в управлении водными ресурсами в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства может иметь существенные преимущества по сравнению с традиционными методами.

Основные характеристики областей применения систем искусственного интеллекта для управления водными ресурсами в сельскохозяйственном производстве представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Основные направления управления водными ресурсами в сельскохозяйственном производстве с применением систем искусственного интеллекта

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Abba S.I., Pham Q.B., Saini G. et al. [214]	Определение качества воды	Нейронная сеть обратного распространения (BPNN), адаптивная нейро-нечеткая система вывода (ANFIS), регрессия опорных векторов (SVR), мультилинейная регрессия (MLR)	Снижение затрат на определение качества воды
Afzaal H., Farooque A.A., Abbas F., Acharya B., Esau T. [215]	Анализ испарения воды	Рекуррентные нейронные сети (RNNs)	Оптимизация использования водных ресурсов
Chang F.J., Wang K.W. [229]	Оптимизация режима орошения на рисовых полях	Адаптивная система нейро-нечеткого вывода (ANFIS)	Снижение расхода воды, повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счет оптимизации орошения
Chen H., Huang J.J., McBean E. [232]	Прогнозирование транспирации воды растениями	Случайный лес (RF) и регрессия опорных векторов (SVR)	Оптимизация использования водных ресурсов
Freeman D., Gupta S., Smith D.H., Maja J.M., Robbins J., Owen J.S. Jr., Pena-Barragan J.M., de Castro, A.I. [249]	Диагностика ранних показателей водного стресса	Сверточные нейронные сети (CNNs)	Снижение расхода воды, оптимизация использования водных ресурсов
Mehdizadeh S., Behmanesh J., Khalili K. [270]	Оценки эвапотранспирации (испарения воды)	Методы опорных векторов (SVM) и генетические вычисления (GEP)	Оптимизация использования водных ресурсов
Rahmati O., Falah F., Dayal K.S., Deo R.C., Mohammadi F., Biggs T., Moghaddam D.D., Naghibi S.A., Bui D.T. [283]	Прогнозирование наступления засухи и картирование засушливых сельскохозяйственных районов	Деревья классификации и регрессии (CART), деревья усиленной регрессии (BRT), случайные леса (RF), многомерные адаптивные регрессионные сплайны (MARS), гибкий дискриминантный анализ (FDA) и машины опорных векторов (SVM)	Разработка стратегии планирования по орошению засушливых территорий

Продолжение таблицы 11

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый
Sumarudin A., Ismantohadi E., Puspaningrum A., Maulana S., Nadi M. [297]	Оптимизация режима орошения при выращивании огурцов	Метод опорных векторов (SVM)	Снижение расхода воды
Vijayakumar, V., Balakrishnan, N. [300]	Экономия воды	Искусственные нейронные сети (ANN), обобщенная регрессионная нейронная сеть (GRNN)	Снижение расхода воды, повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счет оптимизации орошения
Yaseen Z.M., Jaafar O., Deo R.C., Kisi O., Quilty J., El-Shafie A. [305]	Гидрологическое прогнозирование	Однослойная нейронная сеть с прямой связью (SLFNS)	Оптимизация использования водных ресурсов

Источник: разработано автором

Оптимизация использования водных ресурсов в условиях увеличения интенсивности сельскохозяйственного производства является важной научной и народнохозяйственной проблемой. Ее решение имеет ряд проблем, связанных с высокими затратами на проведения анализа воды, трудностью прогнозирования потребностей в водных ресурсах в засушливых регионах, зависимостью точности прогнозов потребности в воде от изменяющихся внешних природных условий и пр. Для решения задач оптимизации управления водными ресурсами в сельскохозяйственном производстве разработан ряд моделей с применением искусственного интеллекта. В настоящее время такие модели разработаны на основе искусственных нейронных сетей (ANN), адаптивной системы нейро-нечеткого вывода (ANFIS), метода опорных векторов (SVM), случайного леса (RF), других моделей машинного обучения и их ансамблей (сочетаний). Многие модели успешно апробированы в условиях реального сельскохозяйственного производства, в том числе при производстве риса, овощей открытого грунта, оценке эвапотранспирации (испарения воды), оценке потребности в водных ресурсах в засушливых сельскохозяйственных регионах и т.д. Широкое применение моделей искусственного интеллекта для управления водными

ресурсами в сельском хозяйстве позволит получить существенные экономические эффекты. Области применения этих моделей связаны с оптимизацией использования водных ресурсов, экономией воды, повышением урожайности сельскохозяйственных культур, экономией средств на анализ качества воды и др. Применение искусственного интеллекта в управлении водными ресурсами является необходимым условием для перехода к точному земледелию, в том числе точечному поливу сельскохозяйственных культур.

Результаты сельскохозяйственного производства во многом зависят от *состояния почвы*. Наиболее значимыми ее характеристиками являются водно-физические, биологические и другие свойства, воздействуя на которые можно повышать урожайность сельскохозяйственных культур. При соблюдении технологии обработки почвы можно достигнуть повышения такого ее показателя, как плодородие. Для того чтобы принимать взвешенные управленческие решения, необходимы разнообразные данные о состоянии почв. Однако многие методы анализа различных характеристик почв являются весьма трудоемкими и дорогостоящими в применении. Одно из направлений получения точных данных о состоянии почв – использование современных цифровых технологий. В последнее время широкое распространение получают современные методы оценки данных о состоянии почв на основе применения технологий искусственного интеллекта. Основные направления анализа состояния почвы с применением систем искусственного интеллекта представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Основные направления применения систем искусственного интеллекта при анализе состояния почвы

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Besalatpour A.A., Ayoubi S., Hajabbasi M.A., Mosaddeghi M.R., Schulin R. [226]	Анализ устойчивости почвы к водной эрозии	Адаптивная нейро-нечеткая система вывода (ANFIS), искусственные нейронные сети (ANN), обобщенная линейная модель (GLM), модели линейной регрессии	Снижение затрат на прогнозирование агрегативной устойчивости почвы

Продолжение таблицы 12

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый
Deng J., Chen X., Du Z. et al. [237]	Прогнозирование обеспеченности почвы влагой	Машины опорных векторов наименьших квадратов (LS-SVM)	Снижение расхода воды в результате оптимизации процесса орошения
Kashi H., Emamgholizadeh S., Ghorbani H. [262]	Анализ инфильтрации и катионообменной способности почв	Искусственные нейронные сети (MLP и RBF), адаптивная система нейро-нечеткого вывода (ANFIS), методы множественной регрессии (MR)	Снижение затрат на анализ инфильтрации и катионообменной способности почв
Li Y.K., Tian Y.J., Ouyang Z.Y., Wang L.Y., Xu T.W., Yang P.L., Zhao H.X. [266]	Прогнозирование эрозии почвы	Машины опорных векторов (SVM) и алгоритм роя частиц (PSO)	Снижение затрат на прогнозирование эрозии почвы
Moazenzadeh R., Mohammadi B. [273]	Анализ температуры почвы	Регрессия опорных векторов (SVR), нейронная сеть Элмана (ENN)	Снижение затрат на измерение температуры, повышение точности прогнозов
Raei B., Ahmadi A., Neyshaburi M.R., Ghorbani M.A., Asadzadeh F. [282]	Прогнозирование ветровой эрозии почвы	Искусственные нейронные сети (ANN)	Снижение затрат на прогнозирование ветровой эрозии почвы

Источник: разработано автором

Состояние почвы оказывает существенное влияние на результаты сельскохозяйственного производства. При этом анализ различных характеристик почвы является весьма трудоемким и дорогостоящим процессом. Однако применение технологии искусственного интеллекта позволяет существенно повысить точность прогнозов различных характеристик почв и снизить затраты на эти мероприятия. В настоящее время разработаны модели искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей (ANN), адаптивной нейро-нечеткой системы вывода (ANFIS), машины опорных векторов (SVM), методов множественной регрессии (MR), алгоритма роя частиц (PSO), а также их ансамблей (различных комбинаций). Применение этих моделей позволяет прогнозировать различные типы эрозии почвы, температуру и влажность почвы в зависимости от различных условий, а также такие сложные показатели, как

катионообменная способность почвы. Область применения технологий искусственного интеллекта (их моделей) – повышение информированности руководителей организаций сельского хозяйства и органов управления отраслью о различных характеристиках почвы. Это, в свою очередь, позволит принимать оптимальные решения по проведению различных агротехнических мероприятий. Применение систем искусственного интеллекта позволяет существенно снизить затраты на анализ различных характеристик почвы, что является необходимым условием применения технологий точного земледелия.

Данные об *урожайности сельскохозяйственных культур* являются важной частью прогнозирования закономерностей развития отрасли сельского хозяйства как части народного хозяйства. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур позволяет совершенствовать структуру посевов, оценить влияние различных факторов на результаты сельскохозяйственного производства, прогнозировать цены на продукцию растениеводства и проводить соответствующие корректирующие воздействия по управлению отраслью [90]. Для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур используются такие традиционные методы, как экстраполяция, моделирование, обоснование прогнозной урожайности по прибавкам от применения удобрений, экспертные оценки и аналогии [30; 190; 129]. Эти методы имеют определенные ограничения и точность выполняемых прогнозов. По мнению ряда исследователей, точность прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур может быть увеличена путем применения цифровых технологий, в том числе технологий искусственного интеллекта. Это связано с возможностью систем искусственного интеллекта обрабатывать большое количество входных данных и решать нелинейные задачи [233]. Системы искусственного интеллекта могут быть использованы для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от различных факторов внешней среды. Приведем ряд примеров применения систем искусственного интеллекта (их моделей) по прогнозированию урожайности различных сельскохозяйственных культур (таблица 13).

Таблица 13 – Основные направления применения систем искусственного интеллекта при анализе урожайности сельскохозяйственных культур

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Babae M., Maroufpoor S., Jalali M., Zarei M., Elbeltagi A. [223]	Прогнозирование урожайности риса	Искусственные нейронные сети (ANNs), генетическое программирование (GP)	Повышение качества планирования расходуемых ресурсов
Chlingaryan A., Sukkarieh S., Whelan B. [233]	Прогнозирование урожайности кофе	Методы машинного обучения (ELM)	Повышение качества планирования расходуемых ресурсов, оптимизация посевных площадей, повышение точности прогнозирования цен на продукцию
Dornelles E.F., Kraisig A.R., da Silva J.A.G., Sawicki S., Roos-Frantz F., Carbonera R. [238]	Прогнозирование урожайности овса	Искусственные нейронные сети (ANNs), генетические алгоритмы (GA)	Повышение качества планирования расходуемых ресурсов, оптимизация посевных площадей, повышение точности прогнозирования цен на продукцию
Esmaili M., Aliniaiefard S., Vakilian K.A., Ghorbanzadeh P., Azadegan B., Seif M., Didaran F. [241]	Прогнозирование урожайности листьев салата-латука	Адаптивная система нечеткого вывода (ANFIS)	Повышение качества планирования расходуемых ресурсов, оптимизация посевных площадей, повышение точности прогнозирования цен на продукцию
Kouadio L., Deo R.C., Byrareddy V., Adamowski J.F., Mushtaq S., Nguyen V.P. [263]	Прогнозирование урожайности кофе	Методы машинного обучения (ELM)	Точная оценка факторов (свойств почвы), оказывающих влияние на урожайность
Pantazi X.E., Mosho D., Alexandridis T.K., Whetton, R.L., Mouazen A.M. [278]	Прогнозирование урожайности пшеницы	Искусственные нейронные сети (CP-ANNs), XY-fused и контролируемых сетей Кохонена (SKNs)	Повышение качества планирования расходуемых ресурсов, оптимизация посевных площадей, повышение точности прогнозирования цен на продукцию
Ramos P.J., Prieto F.A., Montoya E.C.; Oliveros C.E. [285]	Прогнозирование урожайности кофе	Система машинного зрения (MVS)	Повышение качества планирования расходуемых ресурсов

Продолжение таблицы 13

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Shadrin D., Menshchikov A., Somov A. [290]	Моделирование роста растений	Рекуррентная нейронная сеть (RNN), называемая сетью долговременной памяти (LSTM)	Оптимизация режима питания растений в условиях заданных ограничений
Su Y., Xu H., Yan L. [295]	Прогнозирование урожайности риса	Метод опорных векторов (SBOCM)	Повышение качества планирования расходуемых ресурсов
Гагарин А.Г., Рогачев А.Ф. [36]	Прогнозирование урожайности озимой пшеницы	Искусственные нейронные сети	Оптимизация режима питания растений в условиях заданных ограничений
Заводчиков Н.Д., Спешилова Н.В., Таспаев С.С. [50]	Прогнозирование урожайности пшеницы	Искусственные нейронные сети	Оптимизация производства зерновых в условиях заданных ограничений

Источник: разработано автором

Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур получило дополнительные возможности с применением систем искусственного интеллекта [130]. В настоящее время разработаны модели на основе искусственного интеллекта по прогнозированию урожайности таких сельскохозяйственных культур, как рис, пшеница, салат-латук, кофе и др. Для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур используются искусственные нейронные сети, метод опорных векторов, системы машинного зрения, генетические алгоритмы и другие методы. Их применение позволяет с высокой точностью (от 81 до 95%) прогнозировать урожайность, что имеет большое значение для повышения качества управленческих решений в растениеводстве. Так, данные об урожайности сельскохозяйственных культур позволяют избежать дисбаланса спроса и предложения на соответствующих товарных рынках. Это, в свою очередь, позволяет скорректировать меры государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей и не допустить значительных ценовых колебаний. Прогнозные данные об урожайности позволяют также производить оценку влияния различных факторов на выход валовой продукции растениеводства, в том числе составить цифровые карты урожайности [166].

Болезни растений могут приводить к значительному сокращению производства сельскохозяйственной продукции [23]. Своевременное выявление и диагностика болезней растений имеет большое значение для повышения устойчивости сельскохозяйственного производства. Вместе с тем выявление болезней сельскохозяйственных культур с применением традиционных способов (вручную) весьма затруднительно, поскольку требует привлечения значительного количества работников. Это вызывает необходимость применения современных технологий выявления и диагностики болезней сельскохозяйственных культур. Значительное количество исследований направлено на разработку подходов и моделей диагностики и классификации болезней сельскохозяйственных культур с применением систем искусственного интеллекта [198; 216].

С применением данных систем болезни сельскохозяйственных культур могут быть идентифицированы и диагностированы на ранних стадиях. Основные направления применения систем искусственного интеллекта при идентификации и диагностировании болезней сельскохозяйственных культур представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Основные направления применения систем искусственного интеллекта при идентификации и диагностировании болезней сельскохозяйственных культур

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Ahmad J., Jan B., Farman H., Ahmad W., Ullah A. [216]	Обнаружение болезней сливы	Сверхточные нейронные сети (AlexNet, VGG-16, Inception, Resnet)	Повышение урожайности и качества производимой продукции
Alves A.N., Souza W.S.R., D.L. Borges [220]	Обнаружение болезней яблони	Гауссовская фильтрация (AIE-ALDC)	Повышение производительности труда работников при диагностике заболеваний и сокращение потерь урожая
Aqel D., Al-Zubi S., Mughaid A., Jararweh Y. [222]	Обнаружение поражения ряда растений грибами	Алгоритм кластеризации k-средних	Повышение урожайности, снижение затрат на диагностику болезней растений

Продолжение таблицы 14

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Chung C.L., Huang K.J., Chen S.Y., Lai M.H., Chen Y.C., Kuo Y.F. [235]	Обнаружение заболеваний посевов риса фузариозом	Машины опорных векторов (SVM)	Повышение урожайности и качества производимой продукции
Ferentinos K.P. [246]	Обнаружение ряда болезней для 25 культурных растений	Сверточные нейронные сети	Снижение затрат на диагностику заболеваний растений
Moshou D., Bravo C., West J., Wahlen S., McCartney A., Ramon H. [274]	Обнаружение заболеваний пшеницы желтой ржавчиной	Нейронные сети (многослойные перцептроны)	Снижение потерь, вызванных болезнью
Pantazi X.E., Moshou D., Oberti R., West J., Mouazen A.M., Bochtis D. [279]	Обнаружение азотного стресса и желтой ржавчины	Нейронные сети с обратным распространением, контролируемые сети Кохонена (SKNs), XY-fusion	Повышение эффективности применения средств защиты растений и удобрений
Selvaraj M.G., Vergara A., Ruiz H., Safari N., Elayabalan S., Blomme G. [287]	Обнаружение ряда болезней бананов	Сверточные нейронные сети (ResNet50 и InceptionV2)	Повышение урожайности и качества производимой продукции
Аксенов А.Г., Тетерин В.С., Овчинников А.Ю., Панферов Н.С., Пехнов С.А. [14]	Выявления больных растений картофеля	Сверточные нейронные сети	Снижение затрат на диагностику заболеваний растений

Источник: разработано автором

Развитие исследований по применению систем искусственного интеллекта для диагностики болезней сельскохозяйственных культур идет стремительными темпами. При этом в основном используются спектральные снимки растений, которые анализируются алгоритмами на искусственных нейронных сетях, методом кластеризации k-средних и других технологий искусственного интеллекта. В качестве нейронных сетей широко используются многослойные перцептроны, контролируемые сети Кохонена (SKNs), сверточные нейронные сети (CNN) и др. Применение технологий искусственного интеллекта показало высокую эффективность при диагностировании заболеваний пшеницы – желтой

ржавчиной, риса – фузариозом, других сельскохозяйственных культур – рядом грибковых заболеваний, диагностике ряда заболеваний садовых деревьев и др. Их применение позволяет диагностировать перечисленные болезни сельскохозяйственных культур на ранних стадиях до появления визуальных проявлений этих заболеваний. Это, в свою очередь, способствует более экономному расходованию средств защиты растений за счет точечного их использования. Своевременное выявление болезней сельскохозяйственных культур может способствовать увеличению урожайности за счет снижения потерь, вызванных развитием заболевания.

Борьба с сорняками является серьезной проблемой сельскохозяйственного производства. Засорение культурных полей сорными растениями приводит к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Традиционным способом борьбы с сорняками является механическая прополка. Однако применение данного метода имеет свои недостатки, поскольку приводит к механическому уплотнению почвы и наносит вред культурным растениям и полезным организмам в почве. Борьба с сорняками с применением гербицидов и других средств защиты растений оказывает вредное воздействие на окружающую среду. Это происходит по причине того, что лишь незначительная часть попадает непосредственно на сорняки, а другая распыляется на почве и в окружающей среде. Выходом из сложившегося положения может быть применение технологий искусственного интеллекта для обнаружения и идентификации сорняков и точечного применения гербицидов и средств защиты растений [284].

Основные направления применения систем искусственного интеллекта при выявлении и идентификации сорняков представлены в таблице 15.

Обнаружение и идентификация сорняков является сложной проблемой, которая может быть решена с применением искусственного интеллекта. В настоящее время разработки моделей на основе искусственного интеллекта по выявлению и идентификации сорняков находятся на начальном этапе.

Подавляющее большинство этих моделей исследуется в лабораториях, и лишь незначительная часть апробируется в полевых условиях.

Таблица 15 – Основные направления применения систем искусственного интеллекта при выявлении и идентификации сорняков

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Aitkenhead M.J., Dalgetty I.A., Mullins C.E., McDonald A.J.S. [217]	Распознавание сорняков в посевах моркови	Самоорганизующиеся нейронные сети	Снижение расхода средств защиты растений при точечном опрыскивании сорняков, их механическая прополка роботом
Barrero O., Perdomo S.A. [225]	Обнаружение сорняков на рисовых полях	Нейронные сети (ANN)	Снижение затрат на мониторинг посевов
Chavan T.R., Nandedkar A.V. [230]	Обнаружение сельскохозяйственных культур (3 вида) и сорняков (9 видов)	Сверточные нейронные сети (CNN)	Повышение урожайности сельскохозяйственных культур
Chen D., Lu Y., Yong S. [231]	Обнаружение и идентификация сорняков (50 видов) в посевах хлопка	27 моделей глубокого машинного обучения (DL), ResNet101	Снижение расхода средств защиты растений при точечном опрыскивании сорняков
Espejo-Garcia B., Mylonas N., Athanasakos L., Spyros Fountas S., Vasilakoglou I. [242]	Обнаружение сорняков «Паслен черный» в посевах помидора и «Бархатистый лист» в посевах хлопка	Пять видов сверточных нейронных сетей, машины опорных векторов, XGBoost и логистическая регрессия	Снижение расхода средств защиты растений при точечном опрыскивании сорняков
Pantazi X.-E., Moshou D., Bravo C. [277]	Спектральный анализ культурных растений и сорняков	Одноклассные классификаторы изображений, нейронные сети	Снижение расхода средств защиты растений при точечном опрыскивании сорняков
Sudars K., Jasko J., Namatevsa I., Ozola L., Badaukis N. [296]	Обнаружение и идентификация сельскохозяйственных культур (6 видов) и сорняков (8 видов)	Сверточные нейронные сети	Снижение расхода средств защиты растений при точечном опрыскивании сорняков, их механическая прополка роботом
Zichao J.A. [307]	Идентификация сорняков (12 видов)	Сверточная модель нейронной сети (VGG16)	Снижение расхода средств защиты растений при точечном опрыскивании сорняков
Мирзаев М.А. [87]	Обнаружение и идентификация сорняков в посадках белокочанной капусты	Нейронные сети (Mask R-CNN, Deeplabv3 plus)	Снижение расхода средств защиты растений при точечном опрыскивании сорняков, их механическая прополка роботом

Источник: разработано автором

В основном эти модели построены на анализе изображений с применения машинного обучения на основе нейронных сетей. В некоторых случаях их применяют в сочетании с методами машины опорных векторов, ближайшего соседа, иерархической моделью классификации и т.д. Таким образом, используются методы ансамбля, т.е. сочетание нескольких методов для выполнения одной задачи. Идентификация сорняков с применением искусственного интеллекта затрудняется тем, что сорняки одного и того же цвета с сельскохозяйственными культурами, а форма их листьев зачастую бывает идентичной. Одним из ограничений разработки технологий искусственного интеллекта для идентификации сорняков является количество изображений сорняков, которые используются для «обучения» нейронных сетей. Иными словами, чем больше изображений сорняков (количество данных) имеется, тем с большей точностью нейронная сеть имеет возможность идентифицировать и отличить сорняк от сельскохозяйственной культуры. Существенное ограничение на идентификацию сорняков накладывает время суток. Так, в темное время суток точность идентификации существенно снижается. Кроме того, имеет значение скорость движения платформы, на которой установлена камера или спектрограф. Еще одним ограничителем являются технические характеристики применяемого оборудования, в частности камеры. Необходимы высокочастотные камеры (к примеру, 39 кадров в секунду) с высокой разрешающей способностью. Как показывают исследования, для точной идентификации сорняков необходимы многослойные нейронные сети, которые могут работать только на высокопроизводительных компьютерах. Повышенные технические требования накладывают стоимостные ограничения на массовое применение технологий искусственного интеллекта для идентификации сорняков в сельскохозяйственном производстве [142].

Современные методы машинного обучения позволяют с точностью свыше 90% идентифицировать отдельные сорняки и их группы. Дальнейшее развитие исследований позволит получить модели на основе искусственного интеллекта, которые могут быть использованы в том числе с применением беспилотных

летательных аппаратов [260; 259]. Применение технологий искусственного интеллекта по обнаружению и идентификации сорняков в полевых условиях позволит существенно снизить расходование пестицидов за счет их точечного применения, особенно на ранних стадиях развития сорняков. Это, в свою очередь, позволит повысить экономическую эффективность за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур и снижения расходования средств защиты растений. В перспективе систем искусственного интеллекта по обнаружению и идентификации сорняков могут быть использованы в системах по механической прополке посевов сельскохозяйственных культур, в том числе с применением робототехники.

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), *распространение насекомых-вредителей* ежегодно приводит к потере от 20 до 40% мирового производства сельскохозяйственных культур [247]. По оценкам экспертов, насекомые-вредители наносят ущерб посевам сельскохозяйственных культур примерно в 220 млрд долл. в год, а инвазивные насекомые – примерно 70 млрд долл. США ежегодно. Своевременное обнаружение и идентификация работниками насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур является трудоемкой задачей из-за большого их видового разнообразия и высокой степени сходства между насекомыми. По некоторым оценкам, применение технологии искусственного интеллекта позволит существенно снизить трудоемкость выявления и идентификации насекомых-вредителей. Организации сельского хозяйства испытывают дефицит рабочих, которые могли бы осуществлять своевременный контроль появления насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур. Кроме того, стоимость одного часа рабочей силы постоянно возрастает, и привлечение работников к мониторингу появления насекомых-вредителей является весьма дорогостоящим мероприятием.

Основные исследования по применению систем искусственного интеллекта по обнаружению и идентификации насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Основные исследования по применению систем искусственного интеллекта по обнаружению и идентификации насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Alves A.N., Souza W.S.R., Borges D.L. [220]	Распознавание вредителей на полях по выращиванию хлопка	Глубокие сверточные сети (CNNs) (ResNet34)	Точечное опрыскивание и снижение расхода средств защиты растений
Karar M.E., Alsunaydi F., Albusaymi S., Alotaibi S. [261]	Идентификация пяти групп вредителей	Сверточная нейронная сеть (Faster R-CNN)	Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур
Kasinathan T., Dakshayani S., Srinivasulu R.U. [261]	Обнаружение и классификация 24 классов насекомых-вредителей	Искусственные нейронные сети (ANN), машина опорных векторов (SVM), k-ближайшие соседи (KNN), наивный Байес (NB) и модель сверточной нейронной сети (CNN)	Повышение урожайности и качества плодов сельскохозяйственных культур
Partel V., Nunes L., Stansly P., Arnpatzidis Y. [280]	Обнаружение и точная идентификация вредителей цитрусовых деревьев	Нейронные сети	Повышение урожайности цитрусовых при своевременном обнаружении насекомых-вредителей
Thenmozhi K., Srinivasulu U. [299]	Идентификация 40 классов насекомых-вредителей	Сверточная нейронная сеть (Faster R-CNN)	Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур
Xia D., Chen P., Wang B., Zhang J., Xie C. [304]	Идентификация 24 видов насекомых-вредителей посевов риса и сои	Сверточная нейронная сеть (VGG19)	Увеличении урожайности при своевременно обнаружении вредителей

Источник: разработано автором

При этом сплошная обработка сельскохозяйственных культур средствами защиты растений оказывает негативное влияние на экологические показатели как получаемой продукции, так и окружающей среды. Эти и другие причины актуализируют применение систем искусственного интеллекта при выявлении и идентификации насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур. Применение этих систем затрудняется по причинам большого видового

разнообразия насекомых-вредителей и высокой степени их сходства между собой. Кроме того, существует большая внутриклассовая вариация насекомых-вредителей, что затрудняет использование систем искусственного интеллекта. К наиболее распространенным системам в этом направлении можно отнести искусственные нейронные сети (ANN), машины опорных векторов (SVM), k-ближайшие соседи (KNN), наивный Байес (NB) и модель сверточной нейронной сети (CNN). Наибольшую эффективность (точность обнаружения и идентификации насекомых-вредителей) во многих исследованиях продемонстрировали модели на основе сверточных нейронных сетей. В основном эти модели выполняют анализ изображений, которые могут быть получены с применением камер с высоким разрешением.

Своевременное выявление и идентификация насекомых-вредителей позволяет достичь существенного экономического эффекта. Экономический эффект от применения технологий искусственного интеллекта при выявлении и идентификации насекомых-вредителей состоит в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и качества получаемого урожая, а также в экономии средств защиты растений за счет точечного их применения. Применение искусственного интеллекта при выявлении и идентификации насекомых-вредителей является необходимым условием развития технологий точечного земледелия, в том числе точечного применения средств защиты растений.

Уборка урожая представляет собой комплекс мероприятий на завершающей стадии процесса выращивания сельскохозяйственных культур. Она включает ряд этапов, которые в ряде случаев имеют весьма высокую трудоемкость. В некоторых случаях трудовые затраты на уборку урожая могут составить до 50% всей потребности в трудовых ресурсах в течение года. В настоящее время сельхозтоваропроизводители испытывают недостаток трудовых ресурсов, который можно снизить за счет применения инновационных технологий. Одним из направлений по снижению трудоемкости сельскохозяйственных культур является роботизация уборки урожая [93, 97,

172] Однако применение робототехники в процессе уборки урожая ограничивается техническими возможностями роботов. В том числе является нерешенной проблема по распознаванию плодов различной степени зрелости. Решением данной проблемы может быть применение систем искусственного интеллекта, которые позволят роботу отличать плоды растений от посторонних объектов и производить их классификацию по степени зрелости.

Основные характеристики областей применения систем искусственного интеллекта для управления водными ресурсами в сельскохозяйственном производстве представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Основные направления применением систем искусственного интеллекта при уборке сельскохозяйственных культур

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Amatya S., Karkee M., Gongal A., Zhang Q., Whiting M.D. [221]	Распознавание плодов при уборке вишни	Байесовский классификатор, машинное зрение	Снижение трудоемкости уборки
Sengupta S., Lee W.S. [289]	Распознавание плодов при уборке цитрусовых	Байесовский классификатор, машины опорных векторов (SVM), сверточные нейронные сети	Снижение трудоемкости уборки
Zheng Y., Kong J., Jin X., Wang X. [306]	Идентификация овощей защищенного грунта (31 вид)	Нейронные сети (VGG16, VGG19, SqueezeNet, InceptionV4, Densenet121, Resnet18, Resnet50, YOLOv3)	Снижение трудоемкости уборки
Дорохов А.С., Сибирев А.В., Аксенов А.Г., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. [48]	Повышении эффективности уборки картофеля	Нейронная сеть	Снижение трудоемкости уборки

Источник: разработано автором

Как показывают результаты анализа, в настоящее время технологии искусственного интеллекта позволяют достичь высоких показателей при обнаружении и идентификации плодов сельскохозяйственных культур во время уборки. Для этого используются технологии машинного зрения, нейронные сети, байесовский классификатор и другие модели искусственного интеллекта. Их применение позволило достичь высоких результатов при распознавании образов

во время уборки овощей защищенного грунта, citrusовых, вишни. Применение систем искусственного интеллекта при уборке сельскохозяйственных культур позволит в перспективе существенно снизить трудоемкость сельскохозяйственного производства.

Производство продукции животноводства является важной сферой деятельности, оказывающей влияние на обеспеченность населения продуктами питания. Продуктивность животных, в свою очередь, зависит от их физиологического состояния, условий и технологий содержания, разнообразных факторов внешней и внутренней среды. В условиях усложнения воздействия разнообразных факторов на результаты производства продукции животноводства руководителям и специалистам организацией сельского хозяйства становится все сложнее принимать взвешенные решения, применяя традиционные методы управления. Повышение эффективности производства продукции животноводства возможно с применением систем искусственного интеллекта. В частности, применение этих систем позволяет выполнять оценку продуктивности и строить модели поведения животных. Полученные результаты, в свою очередь, можно использовать при выработке взвешенных управленческих решений в отрасли.

Основные направления применения систем искусственного интеллекта в животноводстве представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Основные направления применения систем искусственного интеллекта в животноводстве

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Alonso J., Castanon A.R., Bahamonde A. [219]	Прогнозирование веса животных перед убоем	Машины опорных векторов (SVR)	Повышение точности прогнозирования производства продукции животноводства, снижение затрат на планирование

Продолжение таблицы 18

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Bakoev S., Getmantseva L., Kolosova M., Kostyunina O., Chartier D.R., Tatarinova T.V. [224]	Диагностирование болезней конечностей свиней на ранних стадиях	Случайный лес, k-ближайших соседей, нейронные сети, C50Tree, машины опорных векторов, наивный Байес, обобщенные линейные модели, Boost, линейный дискриминантный анализ	Снижение выбраковки молодняка, снижение затрат на лечение животных
Dutta R., Smith D., Rawnsley R., Bishop-Hurley G., Hills J., Timms G., Henry D. [240]	Диагностика и наблюдение за поведением животных	Линейный дискриминантный анализ, наивный Байес, k-ближайших соседей и адаптивная система нечеткого вывода (ANFIS)	Повышение продуктивности животных путем оптимизации зоотехнических мероприятий
Fuentes S., Viejo C.G., Cullen B., Tongson E., Chauhan S.S., Dunshea F.R. [250]	Прогнозирование продуктивности и качества молока в зависимости от температуры и влажности окружающей среды	Искусственная нейронная сеть (ANN) с использованием наивного Байесовского классификатора	Снижение последствий наступления теплового стресса (повышение продуктивности и качества молока)
Fuentes S., Viejo C.G., Tongson E., Dunshea F.R. [251]	Прогнозирование продуктивности и качества молока в зависимости от температуры тела животных	Искусственная нейронная сеть (ANN)	Снижение последствий наступления теплового стресса (повышение продуктивности и качества молока)
Mammadova N.M., Keskin I. [267]	Ранняя диагностика заболевания коров маститом	Искусственные нейронные сети (ANN) и адаптивная система нечеткого вывода (ANFIS)	Выявление субклинического мастита на ранних стадиях (рост продуктивности, снижение затрат на лечение животных).
Morales I.R., Cebrián D.R., Fernandez-Blanco E., Sierra A.P. [267]	Прогнозирование динамики производства коммерческого яйца	Метод опорных векторов (SVM)	Снижение простоев производства коммерческого яйца по различным причинам
Борисевич М.Н. [27]	Диагностика болезней животных	Искусственные нейронные сети	Снижение затрат на диагностику болезней животных

Источник: разработано автором

Применение технологии искусственного интеллекта в животноводстве имеет многоаспектный характер. Искусственный интеллект используются для

прогнозирования производства продукции животноводства (молока [132], мяса, яйца), ранней диагностики заболеваний (мастит, заболевания конечностей), наблюдения за поведением животных, прогнозирования продуктивности в зависимости от различных факторов (температуры, влажности в помещении). В частности, для этого проводятся исследования и применяются модели на основе искусственных нейронных сетей (ANN), адаптивной системы нечеткого вывода (ANFIS), машины (метода) опорных векторов (SVM), наивного Байеса, k-ближайших соседей, случайного леса и др. Применение данных моделей позволяет снизить неопределенность и принимать более взвешенные управленческие решения в животноводстве. Ожидаемый эффект от применения технологий искусственного интеллекта в животноводстве состоит в повышении продуктивности животных и качества выпускаемой продукции (молока, мяса, яйца), снижении выбраковки животных в результате болезней за счет их ранней диагностики и т.д. Эффект от применения технологий искусственного интеллекта в животноводстве также обеспечивается за счет более низких затрат на диагностику заболеваний, совершенствования прогнозирования объемов производства продукции по сравнению с традиционными методами.

Системы искусственного интеллекта все чаще используются в *сельскохозяйственной технике*. Применение этих систем становится все более актуальным по причине сокращения количества рабочей силы в сельских территориях, особенно механизаторов. В настоящее время разработана беспилотная техника для сельского хозяйства, в частности, комбайны для уборки зерновых культур, трактора для полевых работ. Эти системы используются для предиктивной аналитики технического состояния узлов и агрегатов. Применение этих систем позволяет существенно снизить расход топлива за счет оптимального распределения мощности в зависимости от урожайности, рельефа и других параметров.

Повышение производства сельскохозяйственной продукции связано с применением высокопроизводительной техники. Использование оборудования оказывает непосредственное влияние на производительность труда. Зачастую

положение рабочих органов сельхозмашин (плуга, бороны) контролируется вручную. Это может вызвать снижение качества выполнения работ, если оператор (механизатор) относится к выполнению операций недобросовестно (намеренно или случайно). Учеными из Кореи использованы системы искусственного интеллекта для оптимального позиционирования рабочих органов сельскохозяйственного оборудования [302]. Для этого применены системы k-ближайший сосед, метод опорных векторов, деревья решений, градиентный бустинг и случайный лес. Эти системы были опробованы на культиваторах в условиях их работы при повышенной вибрационной нагрузке и работе под уклоном. Точность этих систем по идентификации рабочей зоны при работе в условиях повышенной вибрации и под уклоном составила 82%, при этом метод случайный лес показал наиболее высокие результаты. Дальнейшее развитие этих систем позволит осуществлять удаленный контроль сельскохозяйственной техники и повысить точность выполнения операций (таблица 19).

Таблица 19 – Основные направления применения систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственной технике

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Sun Y., Cui B., Ji F., Wei X., Zhu Y. [298]	Адаптивное отслеживание пройденного пути в беспилотной технике	Алгоритм оптимизации роя частиц (PSO).	Снижения огрехов при выполнении работ, повышение производительности труда
Waleed M., Um T.-W., Kamal T., Muhammad Usman S. [302]	Позиционирование рабочих органов сельскохозяйственного оборудования	k-ближайший сосед, метод опорных векторов, деревья решений, градиентный бустинг и случайный лес	Повышение точности выполнения операций, снижение огрехов при выполнении работ, повышение производительности труда
Костомахин М.Н., Пестряков Е.В. [72]	Предиктивная аналитика поломок сельскохозяйственной техники	Нейронная сеть	Снижение затрат на техническое обслуживание, предотвращение простоев по причине поломок
Побединский В.В., Иовлев Г.А., Голдина И.И. [118]	Предиктивная аналитика поломок сельскохозяйственной техники	Адаптивная система нечеткого вывода (ANFIS).	Снижение затрат на техническое обслуживание, предотвращение простоев по причине поломок

Источник: разработано автором

Довольно активно развивающимся направлением применения систем искусственного интеллекта является создание беспилотной техники, в том числе в сельском хозяйстве. В настоящее время разработаны и применяются беспилотные комбайны и трактора. Учеными из Китая создана система адаптивного отслеживания пройденного пути на основе оптимизации роя частиц (PSO) [305]. Она протестирована на колесном зерноуборочном комбайне C230 (John Deere). Результаты проведенного полевого эксперимента показывают высокую точность отслеживания пройденного пути. Это позволит в перспективе использовать данную систему для совершенствования беспилотного вождения комбайна.

Применение систем искусственного интеллекта используется для предиктивной аналитики возможных поломок сельскохозяйственной техники. Отечественными учеными использована нейро-нечеткая сеть для прогнозирования остаточного ресурса двигателей тракторов BELARUS-80.1/82.1 и ХТЗ-17221 [118]. Использование этой сети позволяет принять управленческие решения о превентивном техническом обслуживании двигателей, выработать стратегию технической эксплуатации техники и пр. Во многих случаях системы искусственного интеллекта позволяют диагностировать наступление проблемы с высокой точностью до выявления явных признаков поломок. Применение этих систем позволит снизить затраты на техническое обслуживание, предотвратить простои по причине поломок и тем самым повысить производительность техники.

Системы искусственного интеллекта все чаще применяются при *анализе финансово-экономических показателей развития сельского хозяйства*. Органы исполнительной власти, отраслевые союзы и международные организации планируют производство продукции сельского хозяйства и осуществляют соответствующие действия по предотвращению потенциальных проблем обеспечения продовольственной безопасности [78; 128]. Данные о динамике сельскохозяйственного производства являются важной информацией для органов исполнительной власти, которые разрабатывают обоснованную стратегию продовольственной безопасности. Точные модели прогнозирования производства продукции сельского хозяйства являются необходимым инструментом для

управления отраслью. Однако до настоящего времени прогнозирование экономических показателей развития сельского хозяйства выполнялось с применением инструментария, имеющего существенные ограничения. В частности, повышение точности прогнозов было ограничено техническими возможностями по обработке все возрастающего потока данных, оказывающих влияние на развитие отрасли. Существенно усложнились факторы, которые необходимо учитывать при построении этих прогнозов. Решение данных проблем возможно с применением моделей на основе искусственного интеллекта.

Ряд авторов, анализируя перспективы развития сельского хозяйства, указывают, что развитие высокоинтеллектуального сельского хозяйства невозможно без использования систем искусственного интеллекта. Направление развития научно-технического прогресса позволяет сделать вывод о необходимости активного развития системы цифрового сельского хозяйства [301]. По результатам исследований ряда российских ученых [218; 301], цифровые технологии, в том числе системы искусственного интеллекта, имеют потенциал к «существенному изменению качества управления технологическими процессами и принятия решений на всех уровнях. Перспективы развития российского аграрного сектора экономики связаны с цифровой трансформацией, в том числе на основе точного земледелия, умных ферм с использованием элементов искусственного интеллекта» [194]. Применение элементов искусственного интеллекта в сельскохозяйственном производстве позволит повысить объемы производства, конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства. Разумное использование элементов искусственного интеллекта позволит, по мнению авторов, повысить эффективность российского агропромышленного комплекса практически в два раза. Основные направления применения систем искусственного интеллекта в экономике и управлении сельскохозяйственным производством представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Основные направления применения систем искусственного интеллекта в экономике и управлении сельскохозяйственным производством

Авторы	Область применения	Применяемая система искусственного интеллекта	Ожидаемый эффект
Chu X.Q., Li Y., Tian D., Feng J.Y., Mu W.S. [234]	Прогнозирование цен на сельскохозяйственное сырье (виноград)	Множественная линейная регрессия и метод опорных векторов (EEMD-ADD)	Оптимизация производственной деятельности и снижение неопределенности и рисков
Ganeshkumar C., Jena S.K., Sivakumar A., Nambirajan T. [252]	Рост эффективности сельского хозяйства, повышение конкурентоспособности и снижение затрат в сельском хозяйстве	Адаптивная система нечеткого вывода (ANFIS)	Повышение точности прогнозирования развития отрасли (прогноз ВВП)
Horak J. [258]	Анализ финансово-экономического положения организаций сельского хозяйства	Нейронная сеть Кохонена	Снижение трудоемкости финансово-экономического анализа
Nosratabadi S., Ardabili S., Lakner Z., Mako C., Mosavi A. [276]	Прогнозирование развития сельского хозяйства на уровне регионов	Нейронная сеть на основе многослойного персептрона (MLP), адаптивная система нечеткого вывода (ANFIS).	Повышение точности прогнозов развития отрасли и снижение трудоемкости процесса прогнозирования
Petkovic B., Kuzman B., Barjaktarevic M. [281]	Анализ изменения ВВП в зависимости от различных факторов	Адаптивная система нечеткого вывода (ANFIS)	Повышение точности прогнозирования развития отрасли (прогноз ВВП)
Stehel V., Horak J., Vochozka M. [294]	Анализ индикаторов, приносящих организациям прибыль	Нейронная сеть Кохонена	Повышение точности прогнозирования развития организаций сельского хозяйства
Бутрова Е.В., Павлов В.А., Ковков Д.В. [32]	Управление сельскохозяйственными угодьями	Сверточные нейронные сети (UNet, SegNet, LinkNet)	Повышение контроля качества выполнения агротехнических работ, снижение трудоемкости операций по контролю и управлению полевыми работами
Парфенова В.Е. [113]	Прогнозирование цен на сельскохозяйственное сырье	Нейронная сеть	Оптимизация производственной деятельности и снижение неопределенности и рисков

Источник: разработано автором

Выполнен анализ основных направлений применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Системы искусственного интеллекта находят применение во многих сферах прогнозирования и управления сельским хозяйством. К ним относятся управление водными ресурсами, анализ состояния почвы, прогнозирование урожайности, выявление и «идентификация болезней растений, прогнозирование продуктивности и поведения животных, выявление и идентификация сорняков, выявление и идентификация насекомых-вредителей, повышение эффективности уборки сельскохозяйственных культур» [16], функционирование сельскохозяйственной техники и анализ финансово-экономических показателей развития отрасли [152].

«В частности, эти системы (модели на искусственном интеллекте) применяются для повышения точности прогнозирования развития отрасли, отдельных показателей развития, например валового внутреннего продукта. Применение искусственного интеллекта позволяет с высокой точностью анализировать финансово-экономические показатели развития организаций сельского хозяйства. Отдельные модели с применением искусственного интеллекта направлены на решение проблем прогнозирования цен на сельскохозяйственное сырье. Это, в свою очередь, позволяет снизить неопределенность и риски инвестирования в сельское хозяйство и оптимизировать производственную деятельность в соответствии с ценовой конъюнктурой рынка» [142]. «Наиболее распространенными системами искусственного интеллекта, используемыми в экономике и управлении сельскохозяйственным производством, являются адаптивная система нечеткого вывода (ANFIS), сверточные нейронные сети, множественная линейная регрессия и метод опорных векторов. Применение искусственного интеллекта также позволяет повысить контроль качества выполнения агротехнических работ и таким образом снизить трудоемкость операций по контролю и управлению полевыми работами» [142].

Установлено, что в России и за рубежом уделяется значительное внимание развитию систем искусственного интеллекта [170], применяемых или имеющих

потенциал применения в сельском хозяйстве [94; 95; 98; 169;]. В данной области исследований задействовано значительное количество научно-исследовательских организаций. Ожидается, что темпы исследований по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве будут увеличиваться. Основная цель этих исследований – создание систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, применение которых позволит выполнять процессы с эффективностью на уровне человека. Это позволит в перспективе снизить применение «живого» труда в отрасли, автоматизировать процессы производства и управления в сельском хозяйстве.

2.3 Классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве

В настоящее время имеется значительное количество разнообразных систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Представляется целесообразным выполнить их классификацию, используя их сходства и различия. Такая классификация позволяет систематизировать знания об этих системах, создавать основу их изучения, анализа и принятия решений о перспективах дальнейшего развития. Также позволяет устанавливать общие закономерности и связи между системами.

При разработке классификации систем искусственного интеллекта использован анализ ранее отобранных публикаций, в общей сложности проанализировано 75 наиболее цитируемых в базах Web of Science и eLIBRARY.RU публикаций о применении 170 систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. При этом был использован также ГОСТР 59277-2020 [4].

Очень важна классификация данных систем «по областям применения», что отражает конкретные области, виды деятельности организаций сельского хозяйства, государственных органов, осуществляемые с помощью систем искусственного интеллекта. (рисунок 19).



Рисунок 19 – Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: разработано автором на основе ГОСТ Р 59277— 2020 (жирным шрифтом предложено автором)

Основными областями применения систем искусственного интеллекта являются: управление водными ресурсами, анализ состояния почвы, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, выявление и идентификация болезней растений, выявление и идентификация сорняков, выявление и идентификация насекомых-вредителей, уборка сельскохозяйственных культур, прогнозирование продуктивности и поведения животных, анализ финансово-экономических показателей развития отрасли. Системы искусственного интеллекта могут применяться для управления водными ресурсами. Как показывает анализ, для управления водными ресурсами исследуется 10,6% всех систем искусственного интеллекта в анализируемых публикациях.

В частности, они могут применяться для оптимизации использования водных ресурсов, разработки стратегии планирования по орошению засушливых территорий, повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счет оптимизации орошения, снижения затрат на определении качества воды.

Ряд исследований посвящено возможностям применения систем искусственного интеллекта при анализе состояний почвы (8,2% анализируемых публикаций). Так, эти системы могут быть использованы для анализа температуры почвы, прогнозирования обеспеченности почвы влагой, анализа устойчивости почвы к водной и ветровой эрозии. Для их создания использованы данные, собранные датчиками, установленными на поверхности и в глубине почвенного покрова. Использование системы искусственного интеллекта исследовано для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, в частности, кофе, пшеницы, риса, плодовых деревьев и других культур (10,0 %). Развитие этих систем позволит выбрать оптимальные режимы питания растений в условиях заданных ограничений, повысить качество планирования расходуемых ресурсов, оптимизировать размеры посевных площадей. Системы искусственного интеллекта могут применяться для идентификации и диагностики болезней сельскохозяйственных культур (8,8%). В частности, их разрабатывают для обнаружения заболеваний пшеницы желтой ржавчиной и выявления азотного

стресса, обнаружения заболеваний посевов риса фузариозом, поражения ряда растений грибами, выявления болезней многолетних насаждений (яблони, сливы и др.). Как привило, для этого используются изображения, снятые камерами с высоким разрешением в различных режимах. Как показывают исследования, системы искусственного интеллекта могут использоваться при выявлении и идентификации сорняков (23,5%). В частности, имеются модели искусственного интеллекта для обнаружения и идентификация сорняков (50 видов) в посевах хлопка, распознавания сорняков в посевах моркови, риса и др. Разработаны системы искусственного интеллекта для выявления и идентификации насекомых-вредителей (10,6%). Для создания этих систем использованы базы открытых данных с фотографиями насекомых-вредителей в различных ракурсах. Разрабатываются системы искусственного интеллекта для уборки сельскохозяйственных культур (5,9%). Для этого используются большие наборы изображений различных частей культурных растений (ветвей, плодов, листьев), позволяющие обучить системы на распознавание плодов. Системы искусственного интеллекта используются в сельскохозяйственной технике (4,7%). Отдельным направлением исследования применения систем искусственного интеллекта является прогнозирование продуктивности и поведения животных (11,2%). Для этого используются данные, собранные доильными роботами, ошейниками с акселерометрами, камерами видеонаблюдения и зоометрические измерения, сделанные вручную. Также системы искусственного интеллекта могут применяться при анализе финансово-экономических показателей развития отрасли (6,5%). В качестве исходных данные могут выступать социально экономические показатели развития предприятий и отрасли в целом. Применение данных систем позволяет повысить точность прогнозирования развития сельского хозяйства, цен на сельскохозяйственную продукцию, прогнозировать риски наступления банкротства и т.д.

Другой вариант классификации систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – «по методам обработки информации». Он весьма важен для систематизации знаний о системах искусственного интеллекта, применяемых

в отрасли. Эта информация может быть полезна для разработчиков систем, специалистов в области компьютерных наук и смежных дисциплин, позволяя им выбрать оптимальную технологию, метод или алгоритмы искусственного интеллекта для решений конкретных задач в области сельского хозяйства. При классификации по данному признаку в исследованиях упоминались методы, которые можно отнести к нескольким группам. К примеру, метод «регрессии» может включать в себя «деревья решений», и наоборот. Для отнесения тех или иных методов к конкретной группе употреблялось значение термина в том виде, в котором он упомянут в ключевых словах проанализированных публикаций (рисунок 20).



Рисунок 20 – Исследования применения систем искусственного интеллекта в различных областях сельского хозяйства, %

Источник: разработано автором

Одним из наиболее распространенных методов обработки информации в системах искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является глубокое обучение (38,8%). Глубокое обучение (англ. deep learning) – это подраздел машинного обучения (часть систем искусственного интеллекта), в котором используются алгоритмы искусственных нейронных сетей для автоматического извлечения признаков из большого объема данных. Традиционно глубокое обучение используется для классификации изображений, распознавания объектов на изображении и выполнения других задач. Зачастую глубокое обучение построено на нейронных сетях, в частности на сверточных нейронных сетях (например, многослойных – до 200 слоев и более). Как показывает анализ публикаций, для решения задач в сельском хозяйстве применяются сверточные нейронные сети (CNNs, Faster R-CNN, VGG19, Resnet18-50, YOLOv3 и InceptionV2 и др.) [67]. Наиболее широко глубокое обучение используется для выявления и идентификации сорняков (18,2%), выявления и идентификации насекомых-вредителей (7,1%), выявления и идентификации болезней растений (4,7%). Все эти задачи связаны с распознаванием образов и анализом изображений. При этом глубокое обучение показывает впечатляющие результаты по распознаванию образов на изображениях (90% и выше), превосходящие результаты человека. Это позволит при массовом внедрении в сельском хозяйстве систем глубокого обучения своевременно принимать меры по предотвращению развития заболеваний растений, распространения насекомых-вредителей еще до появления явных признаков. Выявление и идентификации сорняков с системами глубокого обучения позволяет создавать роботов для механического удаления сорняков в посевах и т.д.

Довольно широко исследователями систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве применяются нейронные сети (англ. neural networks) [78]. Нейронные сети – это воплощенная в программном и аппаратном виде математическая модель, построенная по принципу действия биологических нейронных сетей. В обзоре из 75 наиболее цитируемых публикаций 31,8% всех используемых систем искусственного интеллекта представлено нейронными

сетями. Эти сети способны устанавливать взаимосвязи между зависимыми и независимыми переменными, извлекать полезную информацию из больших объемов данных. Существует большое разнообразие нейронных сетей (ANN) и их разновидностей, используемых в сельском хозяйстве. К ним относятся однослойные нейронные сети с прямой связью (SLFNS), адаптивная нейронная сеть нечеткого вывода (ANFIS), обобщенная регрессионная нейронная сеть (GRNN), нейронная сеть обратного распространения (BPNN), нейронная сеть Элмана (ENN), контролируемые нейронные сети Кохонена (SKNs) и др. Наиболее широко их применение исследовано для прогнозирования урожайности (6,5%), прогнозирования состояния почвы (5,3%), управления водными ресурсами (4,1%). Нейронные сети имеют различные параметры, производительность и эффективность решения задач в сельском хозяйстве. Преимущество их использования состоит в возможности обрабатывать данные с большим количеством на первый взгляд бессмысленной информации в виде неполных и/или поврежденных данных. Это довольно часто относится к информации, собранной с объектов сельскохозяйственного производства.

Машина опорных векторов (англ. SVM, support vector machine) – метод, который применяется для классификации или регрессии данных. Этот метод довольно широко используется для распознавания образов, анализа данных, решения других задач (11,2%). В сельском хозяйстве он используется для управления водными ресурсами (2,9%), классификации почв на основе их химических и физических свойств (1,8%), прогнозирования продуктивности и поведения животных (1,8%). Преимущество данного метода для решения задач в сельском хозяйстве состоит в возможности классификации объектов по множеству параметров. Метод достаточно устойчив к появлению в наборе данных экстремальных значений, которые резко отличаются от остальных в выборке, что довольно часто происходит при измерении объектов в сельском хозяйстве. Машина опорных векторов является одним из наиболее точных методов искусственного интеллекта.

Регрессия в искусственном интеллекте представляет собой метод, используемый для анализа и прогнозирования связей между зависимой переменной (целевой) и несколькими независимыми переменными. Регрессия – один из основных методов искусственного интеллекта, в сельском хозяйстве применяется для управления водными ресурсами (1,8%), прогнозирования продуктивности и поведения животных (1,2%). Его преимущества состоят в простоте и понятности, он является достаточно универсальным для решения различных задач и может быть адаптирован к различным типам данных и задач.

Метод Байеса – это математический метод, который используется для оценки вероятности событий и принятия решений на основе этих оценок. Метод используется для классификации объектов, оценки параметров моделей и других задач. В сельском хозяйстве, как видно по результатам анализа, наиболее часто применяется при прогнозировании продуктивности и поведения животных (1,8%) для выявления и идентификации насекомых-вредителей (1,2%). Преимущества применения этого метода в сельском хозяйстве состоят в способности работать на небольших наборах информации. Это делает его особенно актуальным для применения ввиду того, что создание наборов данных для сельского хозяйства зачастую является дорогостоящим мероприятием.

Генетические и эволюционные алгоритмы (англ. genetic algorithm) – это методы оптимизации, которые используют аналогии с естественным отбором в биологической эволюции для нахождения наилучших решений задач оптимизации [133]. Методы используются для решения задач оптимизации, в сельском хозяйстве при прогнозировании урожайности (1,2%), выявлении и идентификации болезней растений (0,6%). Преимущество их применения в сельском хозяйстве – способность работать с неопределенными и сложными задачами, которые предполагают множество решений. Другое преимущество состоит в возможности их использования в задачах с ограничениями на значения переменных и количество используемых ресурсов.

Деревья решений (англ. decision trees) – это графические модели, используемые в машинном обучении для принятия решений на основе заданного

набора правил. Деревья решений могут быть использованы для решения задач классификации и задач регрессии [124]. В сельском хозяйстве, по результатам проведенного анализа, они используются в прогнозировании продуктивности и поведения животных (1,2%), в управление водными ресурсами (0,6%). Их преимущество по сравнению с другими методами состоит в простоте и легкости интерпретации полученных результатов.

Обучение на примерах (англ. learning from examples) – это метод машинного обучения, который состоит в обучении модели на основе данных, содержащих множество вариантов с правильными ответами. В сельском хозяйстве этот метод использован для прогнозирования урожайности (0,6%). Так, системе предоставили набор данных о климатических условиях, составе почвы, используемых удобрениях и т.д. Преимущество методов обучения на примере состоит в возможности создания точных и эффективных моделей для решения сложных задач.

Кластеризация (англ. cluster analysis) – метод машинного обучения, представляющий собой группировку объектов на наборе данных на основе их сходства друг с другом. При этом объекты разбиваются на классы, имеющие высокое сходство между собой. В сельском хозяйстве этот метод применен при выявлении и идентификации болезней растений (0,6%). Преимущество данного метода состоит в возможности обнаружения структуры данных и выделения группы похожих данных.

Муравьиные алгоритмы (англ. ant colony optimization, ACO) – это метод искусственного интеллекта, который моделирует поведение муравьев при поиске пищи. В сельском хозяйстве этот метод использован при анализе состояния почвы (0,6%). Преимущество метода состоит в способности находить оптимальные решения в сложных задачах оптимизации. Он также может быть применен в решении задач с динамическими параметрами, что довольно часто имеет место в сельском хозяйстве (состояние погоды, почвы и т.д.).

Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве «по функциям контура управления» показывает, каким образом конкретные

системы искусственного интеллекта могут быть применены в различных областях, спектр решаемых задач и направления повышения их точности и эффективности. Классификация по функциям контура управления может быть использована для разработки новых систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства в решении конкретных задач. Эта информация может быть использована руководителями и специалистами организаций сельского хозяйства и управления отраслью для выбора оптимальных систем искусственного интеллекта в каждом конкретном случае.

Системы искусственного интеллекта с обратной связью представляют собой системы, в которых обратная связь позволяет использовать полученную информацию для коррекции своей работы («учиться» на опыте). К примеру, системы, повышающие эффективность своей работы в процессе обучения на новых данных (данных об испарении воды, температуре почвы и т.д. [74]). Системы искусственного интеллекта реального времени – это системы, которые могут принимать решение и корректировать свои действия в режиме реального времени. Это позволяет данным системам быстро реагировать на изменение внешних условий. К примеру, системы компьютерного зрения при уборке фруктов или машинного (компьютерного) зрения в доильном роботе. Адаптивные системы искусственного интеллекта могут изменять режимы работы в зависимости от изменяющихся условий внешней среды. К примеру, эти системы искусственного интеллекта могут адаптировать интенсивность полива, подачи удобрений и других операций в зависимости от изменяющихся условий погоды, состояния почвы и других факторов. Системы поддержки принятия решений позволяют автоматизировать процесс принятия решений, основанный на анализе данных, полученных датчиками, камерами и прочими устройствами. К примеру, системы искусственного интеллекта по обнаружению и идентификации насекомых-вредителей на ранних стадиях, до обнаружения их человеком (на основе анализа снимков с высоким разрешением и т.д.). При этом система поддержки принятия решений рекомендует использовать конкретное средство защиты растений и определяет его количество, чтобы уничтожить вредителей с

минимальными затратами. Системы идентификации и диагностики – это системы искусственного интеллекта для автоматического определения и классификации объектов на основе наблюдаемых признаков. К примеру, в сельском хозяйстве эти системы широко используются для диагностики заболеваний растений (пшеницы, риса и др.). Системы логического вывода используются для автоматического принятия решений на основе определенных правил и логических заключений. К примеру, в сельском хозяйстве системы логического вывода могут быть использованы для оптимизации применения средств защиты растений и удобрений при выявлении азотного стресса и т.д. Системы прогнозирования используются для предсказания будущих событий на основе анализа исторических данных. К примеру, в сельском хозяйстве это системы искусственного интеллекта для прогнозирования уровня цен на сельскохозяйственную продукцию в зависимости от урожайности культур [113].

Классификация «по специализации систем» предполагает их деление по способности и потенциалу решать определенные виды задач в сельском хозяйстве, что позволяет определять конкретные области знаний, перечни задач, наборы технологий для их решения, а также определять пользователям границы применимости систем и формулировать ограничения, связанные с их использованием в отрасли. Этот подход позволяет определять перечень задач, которые может решать система, набор технологий для ее разработки. Классификация по этому признаку предполагает деление систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве на экспертные системы, системы компьютерного зрения, роботизированные комплексы, беспилотные аппараты.

Экспертные системы представляют собой компьютерные программы, способные решать сложные задачи в области сельскохозяйственного производства и управления отраслью, используя знания и опыт экспертов. Эти системы имитируют деятельность человека, являющегося экспертом в какой-либо сфере, в том числе в сельском хозяйстве. Экспертные системы используют базы данных, которые содержат информацию об объектах, процессах или явлениях в области сельского хозяйства, и на этом опыте предлагают оптимальный вариант

решения задачи. Они могут также быть использованы для автоматизации сложных процессов. К примеру, в сельском хозяйстве экспертные системы могут получать от датчиков данные о состоянии почвы, анализировать их и рекомендовать оптимальный срок для выполнения технологических операций по ее обработке.

Системы компьютерного зрения в сельском хозяйстве представляют собой алгоритмы и технологии искусственного интеллекта для анализа и обработки изображений, автоматического распознавания объектов сельскохозяйственного производства. В сельском хозяйстве спектр применения этих систем довольно широк. К примеру, системы компьютерного зрения идентифицируют плоды в кронах деревьев во время уборки, распознают заболевания растений, идентифицируют насекомых-вредителей и т.д.

Применение роботизированных комплексов с системами искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет автоматизировать выполнение ряда процессов. В растениеводстве роботы с использованием компьютерного зрения и глубокого обучения с высокой точностью определяют степень зрелости плодов и осуществляют их сбор с минимальными повреждениями. В животноводстве доильные роботы с использованием компьютерного зрения и глубокого обучения определяют расположение вымени коров и осуществляют доение.

Беспилотные аппараты с системами искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяют выполнить анализ посевных площадей и прогнозировать урожайность. Для этого беспилотные аппараты оснащены камерами с высоким разрешением, а также датчиками, которые собирают информацию. Системы искусственного интеллекта обрабатывают эту информацию и дают рекомендации по оптимизации процессов выращивания.

Классификации систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве «по степени автономности» отражает способность систем принимать решения без участия человека.

Данная классификация помогает понять, насколько сложными и надежными могут быть системы искусственного интеллекта и как они могут быть использованы.

Можно также выделять автономные, встроенные и гибридные системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Так, автономные системы – это системы, способные выполнять задачи в области сельского хозяйства без вмешательства человека, в том числе получать данные, анализировать их и принимать решения. В сельском хозяйстве это могут быть кибертехнические системы (роботы) с искусственным интеллектом, которые оснащены датчиками для сбора информации, использования этих данных и выработки решений [174]. К примеру, в доильном роботе система машинного зрения использует датчики для определения местоположения вымени коровы, наводит руку-манипулятор, надевает доильные стаканы и производит процесс доения без участия человека.

Встроенные системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это системы, которые используются во встроенном виде в различных устройствах для повышения их функциональности и удобства использования. Этими устройствами могут быть мобильные телефоны, планшеты, беспилотные летательные аппараты, сельскохозяйственная техника. К примеру, беспилотные летательные аппараты могут быть оснащены системами искусственного интеллекта для определения азотного стресса и т.д. В настоящее время разработаны приложения для мобильных телефонов, позволяющие идентифицировать насекомых-вредителей и болезни растений и т.д.

Гибридные системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это системы, способные осуществлять сбор данных, выполнять их анализ, предоставлять рекомендации, однако окончательное решение по рекомендациям принимает человек. К примеру, системы искусственного интеллекта по контролю заболеваний растений с помощью датчиков собирают информацию (фотографии) растений, анализируют данные, в случае выявления болезней дают рекомендации по предотвращению заболеваний. Однако конечное решение принимает агроном.

Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве «по комплексности» связана с уровнем сложности выполняемых задач и количеством данных, которые они могут обрабатывать. Соответственно, данный подход позволяет определять сложность решаемых задач, точность принимаемых решений и объем обрабатываемой информации. Это, в свою очередь, позволяет определять стоимость разработки, внедрения и обслуживания систем искусственного интеллекта. По этому признаку можно выделять мультимодальные системы (модели), технологии анализа больших данных, интернета вещей, системы жизненного цикла, системы распределенного управления и др.

Начиная с 2017 г. получили распространение в различных сферах деятельности так называемые мультимодальные системы искусственного интеллекта. В настоящее время преждевременно говорить о создании таких систем для сельского хозяйства. Однако темпы развития систем искусственного интеллекта позволяет предположить в недалеком будущем появление мультимодальных моделей для сельского хозяйства. Это позволяет сформулировать определение данных систем. Мультимодальные модели искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это перспективные модели, которые могут работать с различными типами данных одновременно (мультимодальность) и совмещать их для выполнения комплекса задач сельскохозяйственного производства и управления отраслью (многозадачность). Суть мультимодальности систем искусственного интеллекта состоит в возможности применение широкого набора данных, текстовых файлов, изображений, видеофайлов, звука и т.д. Многозадачность систем искусственного интеллекта состоит в возможности одновременного выполнения нескольких задач. Учитывая современный уровень развития этих систем для отрасли многозадачность может состоять в определении цен на сельскохозяйственную продукцию, оценке имеющихся в организации сельского хозяйства ресурсов, оптимизации производственных процессов, уборке урожая и получении животноводческой продукции с использование робототехники. Таким образом,

мультимодальные модели искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это переходный этап к производству сельскохозяйственной продукции без участия человека.

Системы искусственного интеллекта с технологией обработки больших данных в сельском хозяйстве – это системы, которые используют алгоритмы для обработки, анализа и интерпретации больших наборов данных [112]. Эти системы используют данные, хранящиеся в базах, в сети Интернет и других источниках. Их применение позволяет выявить скрытые закономерности и на основе этого делать прогнозы развития сельского хозяйства. К примеру, системы проводят анализ изменения ВВП сельского хозяйства в зависимости от различных факторов, используют данные органов статистики (индекс потребительских цен, динамику экспорта и импорта и другие) [197].

Системы искусственного интеллекта с интернетом вещей в сельском хозяйстве – это системы, которые используют алгоритмы для обработки данных, собранных с применением устройств интернета вещей (датчиков, смартфонов, транспортных средств, подключенные к сети Интернет, и других устройств). Эти системы требуют значительных вычислительных способностей для обработки поступающей информации. Их использование позволяет повысить эффективность сельскохозяйственного производства и управления отраслью за счет автоматизации процессов, оптимизации используемых ресурсов, улучшения мониторинга. Так, автоматизация позволяет сократить использование ручного труда в повседневных процессах (измерение температуры и влажности почвы, микроклимата в животноводческих помещениях и т.д.). Применение этих систем позволяет принимать оптимальные решения о видах и объемах используемых ресурсов (удобрений, средств защиты растений и т.д.), что позволит достичь экономии их расходования. Улучшение мониторинга с использованием этих систем состоит в возможности непрерывного мониторинга состояния устройств (техники, оборудования и т.д.) и процессов (полив в теплице и пр.), что может повысить оперативность реагирования на возможные проблемы и неисправности.

Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, функционирующие на основе модели данных жизненного цикла (англ. data lifecycle model), используют данные как основной ресурс для решения задач сельскохозяйственного производства и управления отраслью.

Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве с распределенным управлением представляют собой системы, которые используют технологии и методы искусственного интеллекта для управления различными процессами в среде со множеством компьютеров и устройств, обменивающихся данными. К этим устройствам можно отнести серверы, смартфоны, планшеты и другие устройства на объектах сельскохозяйственного производства. Преимуществом данных систем является возможность управления производственными процессами с большим количеством переменных и параметров (температура, влажность, содержание CO₂ в животноводческих помещениях), которые могут взаимодействовать с друг другом.

Классификация «по уровню готовности к использованию» систем искусственного интеллекта отражает определенные этапы их жизненного цикла. Их можно разделить на используемые в настоящее время, находящиеся в процессе разработки и перспективные. Первую группу систем уже можно приобрести и использовать в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью. Так, в хозяйственной деятельности широко используются роботы для доения крупного рогатого скота, в которых встроена система компьютерного зрения.

Находящиеся в процессе разработки системы искусственного интеллекта для сельского хозяйства – это системы, которые находятся в процессе создания и тестирования. Многие из систем, рассмотренных в обзорном исследовании, находятся в этой категории. Критерием готовности таких систем может считаться эффективность их работы в сравнении с человеком. Так, если система показывает эффективности сопоставимую или выше той, которую достигает человек, она может считаться готовой для использования. К примеру, эффективность распознавания насекомых-вредителей системами искусственного интеллекта в

некоторых исследованиях составила 99,2% [296], что выше показателей человека (92%).

К перспективным системам искусственного интеллекта для сельского хозяйства можно отнести системы, которые имеют высокий потенциал применения для сельскохозяйственного производства и управления отраслью. К ним можно отнести 5 систем искусственного интеллекта, которые, вероятно, будут разработаны до 2030 г. в соответствии со «Стратегическими направлениями в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.» [9]. При этом в данном документе не уточняется, какие именно направления имеются в виду. Вполне вероятно, что бурный рост исследований в этой области знаний позволит приблизиться к созданию мультимодальных систем искусственного интеллекта. Однако прогнозирование развития этих систем выходит за рамки данного исследования.

Системы искусственного интеллекта для сельского хозяйства можно классифицировать «по сферам применения». Это системы, применяемые в субъектах хозяйствования, и системы, применяемые органами управления отраслью на разных уровнях. Можно привести основные области и сферы применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и их взаимосвязь [157] (таблица 21).

Таблица 21 – Взаимосвязь областей и сфер применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Области применения систем искусственного интеллекта	Федеральные органы управления отраслью	Региональные органы управления отраслью	Субъекты хозяйствования
Управление водными ресурсами	+	+	+
Анализ состояния почвы	-	-	+
Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур	+	+	+
Выявление и идентификация болезней растений	-	-	+
Выявление и идентификация сорняков	-	-	+

Продолжение таблицы 21

Области применения систем искусственного интеллекта	Федеральные органы управления отраслью	Региональные органы управления отраслью	Субъекты хозяйствования
Выявление и идентификация насекомых-вредителей	-	-	+
Уборка сельскохозяйственных культур	-	-	+
Прогнозирование продуктивности и поведения животных	+	+	+
Функционирование сельскохозяйственных машин и оборудования	-	-	+
Анализ финансово-экономических показателей	+	+	+

Источник: разработано автором

Данные таблицы 21 позволяют получить представление о целях применения систем искусственного интеллекта, упрощают анализ закономерностей развития этих систем.

Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет определять приоритетные направления развития этих систем, выделять наиболее значимые из них и перспективные, получать представление о рисках, систематизировать ожидания, связанные с развитием систем, определять границы их применимости, выбирать оптимальные системы для решения задач производства и управления отраслью.

2.4 Факторы, влияющие на внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это сложный процесс, на который оказывают влияние различные факторы [183]. К факторам можно отнести условия и движущие силы, определяющие применение этих систем. Факторы можно разделить на внешние и внутренние. К внутренним факторам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно отнести движущие силы и условия, которые непосредственно связаны с организациями сельского хозяйства и органами

управления отраслью, их внутренней деятельностью. Анализ внутренних факторов позволяет оценить возможности сельского хозяйства по внедрению этих систем, определить готовность организаций отрасли к изменениям, «которые могут быть связаны с внедрением этих систем. Оценка внутренних факторов позволяет определить необходимые ресурсы для внедрения систем искусственного интеллекта и может быть использована для разработки соответствующего плана» [194].

К внешним факторам, влияющим на применения систем искусственного интеллекта, можно отнести движущие силы и условия, которые находятся за пределами организаций сельского хозяйства и органов управления отраслью и не зависят от их деятельности. Анализ внешних факторов позволяет получить представление об условиях, в которых функционируют организации сельского хозяйства и органы управления отраслью, с учетом развития этих систем и использовать эту информацию для адаптации к изменениям во внешней среде. Анализ внешних факторов может быть использован для разработки долгосрочной стратегии развития отрасли с учетом развития этих систем.

В целом анализ внешних и внутренних факторов использования систем искусственного интеллекта в отрасли может быть применен для управления процессом внедрения этих систем, его совершенствования. Этот анализ позволит определить сильные и слабые стороны данного процесса, возможности и угрозы, связанные с развитием внешней и внутренней среды. Учет внешних факторов позволяет также определить приоритеты и цели внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Можно выделить основные факторы, влияющие на внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве (таблица 22).

Таблица 22 – Основные факторы, влияющие на внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Внутренние факторы	Внешние факторы
Наличие системы сбора хранения, предварительной обработки данных в автоматическом режиме	Наличие нормативно-правовой базы регулирования применения систем искусственного интеллекта в отрасли
Наличие знаний и навыков у работников сельского хозяйства по взаимодействию с системами искусственного интеллекта	Подготовка в учебных заведениях различного уровня специалистов с навыками по взаимодействию с системами искусственного интеллекта
Количество рабочих мест (объектов производства) с доступом к сети Интернет	Развитие инфраструктуры, обеспечивающей внедрение и использование систем искусственного интеллекта
Наличие финансовых ресурсов для внедрения систем искусственного интеллекта	Государственная поддержка разработки и внедрения систем искусственного интеллекта
Сопротивление работников применению систем искусственного интеллекта	Прогресс в области развития систем искусственного интеллекта, состояние развития рынка этих систем
Интеграция систем искусственно интеллекта в сельскохозяйственное производство и управление	Конкурентоспособность отрасли в условиях применения систем искусственного интеллекта

Источник: разработано автором

Наличие системы сбора, хранения, предварительной обработки данных в автоматическом режиме играет ключевую роль в применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Большие объемы данных необходимы, прежде всего, для разработки и обучения систем искусственного интеллекта. Основные характеристики данных (чистота, точность, полнота и достоверность) существенно влияют на эффективность и надежность применения этих систем. Особенностью сельского хозяйства является то, что данные, собранные об объектах и процессах сельскохозяйственного производства, могут содержать значительное количество ошибок, неточностей или пропущенных значений. Это может привести к ошибочным выводам и снижению эффективности (прежде всего, точности и результативности) работы систем искусственного интеллекта. Для повышения характеристик данных важно иметь механизмы проверки и обеспечения их качества перед их использованием для обучения и применения систем искусственного интеллекта.

Доступность данных означает наличие необходимых данных об объектах и процессах сельскохозяйственного производства и возможность получения доступа к ним. Качество и доступность данных также включает в себя способность обрабатывать и подготавливать данные для их использования системами искусственного интеллекта. Это может включать сбор (прежде всего автоматическим способом), хранение, очистку, предварительную обработку данных перед их использованием. Наличие процессов и инфраструктуры для обработки данных является важным аспектом успешного применения систем искусственного интеллекта в отрасли. Учет фактора качества и доступности данных позволяет руководителям и специалистам организаций сельского хозяйства эффективно планировать, разрабатывать и применять системы искусственного интеллекта. При планировании и реализации действий по внедрению систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство необходимо учитывать наличие и доступность данных. Отсутствие системы сбора хранения, предварительной обработки данных может снизить темпы внедрения систем искусственного интеллекта в отрасли. Развитая система обработки данных, функционирующая в автоматическом режиме, позволит ускорить процессы применения этих систем в отрасли.

Наличие знаний и навыков у работников сельского хозяйства по взаимодействию с системами искусственного интеллекта является важным фактором эффективного их применения [143; 144; 149;]. Работники сельского хозяйства должны иметь навыки взаимодействия с системами искусственного интеллекта, включая ввод и анализ данных, выполнение настройки, должны уметь интерпретировать результаты и принимать решения на основе рекомендаций этих систем [168; 154]. Эти навыки включают знания по использованию специализированных интерфейсов, инструментов анализа данных, которые интегрируют возможности этих систем в рабочие процессы. Работники сельского хозяйства должны быть готовы к постоянному обучению и развитию своих навыков в области взаимодействия с системами искусственного интеллекта. Эти системы являются быстро развивающейся областью, поэтому новые алгоритмы,

методы и технологии искусственного интеллекта появляются постоянно. Работники должны быть готовы к обучению новым концепциям, чтобы оставаться в курсе последних разработок и эффективно применять их в своей деятельности. Недостаточное количество работников сельского хозяйства с навыками по взаимодействию с системами искусственного интеллекта может привести к снижению темпов их внедрения.

Применение систем искусственного интеллекта может потребовать существенных финансовых ресурсов на исследования, разработку, внедрение этих систем в отрасли. Источниками финансовых ресурсов могут быть, прежде всего, собственные средства организаций сельского хозяйства, накопленные на модернизацию и покупку основных фондов. Эти средства могут быть частью общего финансирования и инвестиций, предназначенных для совершенствования материально-технической базы [96; 161; 151; 155]. В качестве этих средств могут быть использованы инвестиции акционеров или инвестиционных фондов, заинтересованные в развитии отрасли [122]. Финансовые ресурсы на развитие систем искусственного интеллекта могут быть получены за счет государственного финансирования и грантов на программы поддержки инноваций и исследований. Также крупные организации сельского хозяйства могут организовать партнерские отношения с научно-исследовательскими организациями и разработчиками этих систем. Анализ этого фактора позволит снизить риски, связанные с применением систем искусственного интеллекта.

Одним из важных внутренних факторов, оказывающих влияние на применение систем искусственного интеллекта в отрасли, является возможное сопротивление работников. Сопротивление может возникать из-за опасений работников потерять рабочие места или в связи с существенными изменениями выполняемых ими функций в результате применения этих систем. Работники могут оказывать сопротивление внедрению по причине отсутствия понимания преимуществ применения этих систем [176; 189; 188;]. Сопротивление может усиливаться ввиду недостаточности информации и отсутствия навыков по взаимодействию с этими системами. Некоторые из работников могут иметь

определенные предубеждения и ложные установки относительно надежности функционирования этих систем. Для снижения возможного сопротивления применению систем искусственного интеллекта необходимо проводить обучение, позволяющее работникам справиться с новыми требованиями. Необходимо вовлекать сотрудников в деятельность по внедрению этих систем, при этом осуществлять процесс внедрения постепенно, что позволит работникам адаптироваться к этим системам. Необходимо поддерживать коммуникации с работниками в процессе внедрения и стимулировать прогресс в освоении систем искусственного интеллекта. Это позволит снизить негативное воздействие данного фактора и может способствовать внедрению в намеченные сроки и в рамках выделенного бюджета, достичь запланированной эффективности применения этих систем.

Интеграция систем искусственно интеллекта в сельскохозяйственное производство и управление включает определение наиболее подходящих процессов, где целесообразно применять эти системы. Для этого необходимо разработать и использовать соответствующую методику. При этом некоторые из процессов сельскохозяйственного производства могут иметь высокую приоритетность внедрения этих систем, а другие – низкую. На возможности интеграции этих систем в производство могут оказать влияние особенности технологических процессов, виды выполняемых работ и выпускаемой продукции, требования к качеству и т.д. Также на возможности интеграции оказывает влияние обеспеченность инфраструктурой применения систем искусственного интеллекта. Учет этого фактора позволяет определить наиболее приоритетные процессы внедрения систем искусственно интеллекта в отрасли.

Нормативно-правовое регулирование также оказывает существенное влияние на применение систем искусственного интеллекта. Необходимость соблюдения правил техники безопасности, конфиденциальности и прозрачности может ограничить или ускорить применение этих систем в сельском хозяйстве. Применение систем искусственного интеллекта вызывает необходимость решения этических вопросов. Некоторые аспекты, такие как прозрачность, ответственность

за автономные решения и справедливость в обработке данных, должны учитываться при применении систем искусственного интеллекта. Наличие разработанной системы нормативно-правового регулирования позволит повысить темпы применения систем искусственного интеллекта в отрасли.

Подготовка кадров с навыками по взаимодействию с системами искусственного интеллекта играет значимую роль в их применении. Подготовка кадров потребует понимания потенциала и ограничений применения этих систем с учетом специфики применения в сельском хозяйстве. Для этого необходимо разработать специализированные учебные программы для подготовки кадров в профильных высших учебных заведениях и техникумах, а также программы обучения для повышения квалификации работников отрасли. Отраслевые университеты и научно-исследовательские организации должны проводить исследования, которые позволят расширить знания о системах искусственного интеллекта с учетом их применения в сельском хозяйстве. Профильные учебные заведения должны выстраивать партнерские отношения с организациями сельского хозяйства, применяющими эти системы, что позволит студентам получить реальный опыт взаимодействия с системами искусственного интеллекта. Это партнерство может быть выстроено в рамках стажировок, производственных практик и т.д. Учет этого фактора, совместные усилия отраслевых учебных заведений, науки и производства позволят подготовить кадры с навыками по взаимодействию с системами искусственного интеллекта [76, 156].

Развитие инфраструктуры является одним из «факторов внедрения систем искусственного интеллекта. Этот фактор включает наличие достаточно производительных компьютеров, способных обрабатывать большие объемы данных и выполнять сложные вычисления. Применение этих систем требует наличия системы для сбора, обработки и хранения информации» [194]. Применение этих систем приведет к необходимости передачи большого количества данных, что потребует развития соответствующей инфраструктуры, включая сеть Интернет с широкополосным доступом. Весьма важна в этом

отношении доля рабочих мест (объектов производства) с доступом к сети Интернет. Важным аспектом развития инфраструктуры является безопасность использования ее с целью исключения несанкционированного доступа к личным и конфиденциальным данным. Учет этого фактора позволит оптимизировать затраты на создание инфраструктуры и выставить приоритеты в данном направлении.

Наличие государственной поддержки применения систем искусственного интеллекта может иметь различные аспекты. Государство может предоставлять финансовую поддержку исследованиям в области этих систем для сельского хозяйства в виде выделения исследовательских грантов [106], финансирование стартапов в этой области и т.д. Государство может формировать нормативно-правовые акты и регулирующее законодательство, что позволит привлечь инвестиции в данную сферу. Государственная поддержка может состоять в финансировании образовательных программ и инициатив в области подготовки кадров для отрасли с навыками взаимодействия с системами искусственного интеллекта. Наличие государственной поддержки и финансовых ресурсов для внедрения может существенно повлиять на масштаб и темпы разработки и применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

В последнее время наблюдается существенный прогресс в области развития систем искусственного интеллекта. Появление новых алгоритмов, методов и моделей искусственного интеллекта способствует расширению применения этих систем в сельском хозяйстве. Повышенное внимание к этим системам способствует притоку инвестиций в разработку и исследования их применения в отрасли. Дальнейшее развитие рынка этих систем может способствовать повышению конкуренции между разработчиками искусственного интеллекта. Это позволит снизить цены на разработку и внедрение систем искусственного интеллекта в отрасли.

Фактор конкурентоспособности может оказать значительное влияние на темпы и масштабы применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Дело в том, что применение этих систем может существенно повысить

производительность труда, сократить расходование основных видов применяемых ресурсов и т.д. Применение систем искусственного интеллекта может повысить адаптивность сельского хозяйства к изменяющимся условиям рынка, существенно повысить точность прогнозирования развития отрасли. Это позволит своевременно выявлять потенциальные риски и принимать меры по их предотвращению. В итоге это позволит существенно повысить конкурентоспособность сельского хозяйства стран [147], где применяются системы искусственного интеллекта, в сравнении со странами, ориентированными на традиционные технологии.

Внешние и внутренние факторы могут оказывать взаимное влияние друг на друга. К примеру, наличие нормативно-правового регулирования применения систем искусственного интеллекта может способствовать принятию решений организациями сельского хозяйства о внедрении систем для сбора, хранения и обработки данных. В свою очередь, создание хозяйствующими субъектами систем по сбору и хранению данных, фактическое формирование рынка больших данных в отрасли может служить стимулом для развития нормативно-правой базы в этой области. Учет внешних и внутренних факторов может способствовать адаптации хозяйствующих субъектов и органов управления отрасли к условиям, которые изменяются под влиянием бурного развития систем искусственного интеллекта [146].

ГЛАВА 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВНЕДРЕНИЯ И ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

3.1 Методика определения приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Методический инструментарий внедрения и оценки эффективности использования систем искусственного интеллекта представляет собой набор подходов и методов, которые позволяют систематизировать деятельность по изучению и пониманию деятельности по внедрению и применению этих систем в сельском хозяйстве. Его использование позволяет получать новые знания и открывает существенные возможности для изучения данных систем. Он обеспечивает системный подход к изучению вопросов применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Методология включает методики оценки приоритетности, целесообразности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и методы оценки эффективности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Методология позволяет определять приоритетность внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, а также возможность и готовность субъектов хозяйствования аграрного сектора экономики к применению этих систем. Кроме того, позволяет давать качественные и количественные характеристики процессу внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, оценивать экономическую эффективность применения систем искусственного интеллекта в организациях отрасли.

Анализ показал, что в настоящее время существует уже несколько областей (направлений) применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Вместе с тем имеется необходимость выбора первоочередных, приоритетных в настоящее время направлений внедрения систем искусственного интеллекта в отрасли, что связано, прежде всего, с ограниченными ресурсами (рисунок 21).



Рисунок 21 – Методология оценки деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: разработано автором

Это во многом определяется эффектами, которые сопровождают внедрение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Наиболее значимым, определяющим приоритетность направления (областей) внедрения данных систем, является экономический эффект от применения их в сельском хозяйстве. Этот эффект находит выражение в приросте производства валовой продукции, увеличении производительности труда, сокращении издержек производства.

Прирост производства валовой продукции в результате применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве достигается за счет оптимизации производственных процессов, что позволяет сокращать расходование ресурсов на производство единицы продукции. Применение этих систем позволяет при одних и тех же объемах расходуемых ресурсов (к примеру, топлива, воды, кормов и т.д.) производить большее количество продукции. Кроме того, их применение позволяет определять и поддерживать оптимальный режим работы оборудования, повышая выход продукции в расчете на единицу рабочего времени оборудования. Следует заметить, что прирост объемов производства продукции в различных отраслях сельского хозяйства в результате применения систем искусственного интеллекта может существенно варьироваться. При этом величина прироста валового производства продукции может быть определена расчетным путем. Если стоимость прироста валового производства продукции ($\Delta ВП$) превышает затраты на внедрение систем искусственного интеллекта, их внедрение целесообразно. Если ожидаемый экономический эффект от внедрения имеет низкие значения или сопоставим с затратами на внедрение системы искусственного интеллекта – внедрение этой системы в подотрасли является преждевременным.

Одним из основных результатов применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является рост производительности труда. Он достигается за счет автоматизации рутинных задач в производстве и управлении, снижения доли ручного труда при диагностике показателей работы оборудования, процессов, автоматизации мониторинга работы машин и оборудования и т.д. Системы искусственного интеллекта, прежде всего экспертные системы, позволяют повышать производительность труда также за счет быстрой аналитики

данных и выработки альтернативных управленческих решений (проектов решений), автоматизации мониторинга их выполнения. Это одновременно позволяет снижать количество ошибок и повышать качество управленческих решений, увеличивая эффективность управленческого труда.

Применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет сокращать издержки производства. Это достигается за счет оптимизации расходования основных видов применяемых ресурсов. Так, системы по выявлению и идентификации насекомых-вредителей позволяют производить точечное опрыскивание растений, сокращая тем самым расходование средств защиты растений. Системы искусственного интеллекта по анализу состояния почвы – определять ее влажность и оптимизировать режим полива, сокращая расходование водных ресурсов и т.д. В конечном счете это позволяет сокращать затраты организаций сельского хозяйства на производство.

Другой составляющей, определяющей приоритетность направлений внедрения систем искусственного интеллекта, является доля рабочих мест с доступом к сети Интернет ($PM_{и}$). Системы искусственного интеллекта в большинстве случаев работают с большими объемами данных, которые могут храниться в облачных хранилищах или на удаленных серверах. Для доступа к этим данным необходимо иметь подключение к сети Интернет. Без такого подключения системы искусственного интеллекта могут быть ограничены в своих возможностях или не смогут функционировать в режиме реального времени. Кроме того, многие системы искусственного интеллекта для получения обновлений и повышения своей производительности требуют постоянного подключения к сети Интернет. Без доступа к сети Интернет эти системы могут оказаться изолированными от обновлений и стать менее производительными по сравнению с новыми, обновленными версиями. Таким образом, выбор наиболее приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта необходимо осуществлять с учетом этого фактора. Наиболее приоритетной для внедрения систем искусственного интеллекта может быть подотрасль с наибольшим значением доли рабочих мест с доступом к сети Интернет ($PM_{и} \rightarrow$

тах). Если доля рабочих мест с доступом к сети Интернет низкая, разработка и внедрение систем искусственного интеллекта для данной отрасли сельского хозяйства могут быть преждевременными.

Доля данных, получаемых автоматическим способом, может оказать значительное влияние на приоритетность направления внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Дело в том, что системы искусственного интеллекта используют данные для обучения этих систем и принятия соответствующих решений. Большое количество данных позволяет повышать точность и результативность работы систем. При этом получение данных автоматическим способом, т.е. без участия человека, способно существенно упрощать процесс их сбора и анализа. Ручной ввод данных может быть весьма трудоемким и затратным процессом. Автоматический способ получения данных позволяет существенно сокращать время и ресурсы, необходимые для обучения систем искусственного интеллекта. Данные, полученные без участия человека, могут содержать меньше ошибок (неоднородностей, шумов). Таким образом, наибольшую приоритетность для внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве имеет подотраль с наибольшими значениями долей данных, получаемых автоматическим способом ($ДД_{авт} \rightarrow \max$).

Решение о приоритетности подотраслей (направлений) внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве ($ПНВ_{ии}$) может быть принято посредством использования системы уравнений:

$$ПНВ_{ии} [1, 5] \begin{cases} \Delta ВП > З_{ии}; \Delta ПТ \rightarrow \max; \Delta Ип \rightarrow \min \\ РМ_{и} \rightarrow \max \\ ДД_{авт} \rightarrow \max \end{cases} \quad (1)$$

где $\Delta ВП$ – прирост объема производства после внедрения систем искусственного интеллекта, тыс. р.;

$З_{ии}$ – затраты на внедрении систем искусственного интеллекта, тыс. р.;

$\Delta ПТ$ – прирост производительности труда после внедрения систем искусственного интеллекта, %;

$\Delta Ип$ – сокращение издержек производства, тыс. р.;

$РМ_и$ – доля рабочих мест с доступом к сети Интернет, %;

$ДД_{авт}$ – доля данных, получаемых автоматическим способом, %.

Для определения приоритетности областей (направлений) внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно использовать балльную систему. При этом определять ранги предпочтительности подотраслей, обозначая их числами натурального ряда. К примеру, можно использовать ранг «1» для наиболее приоритетной области (направления). Его следует присваивать объекту с наибольшей итоговой оценкой.

Следует заметить, что в соответствии с индикаторами «Стратегических направлений в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.» [8] количество наиболее приоритетных подотраслей внедрения этих систем может быть ограничено 5 направлениями.

Методика определения приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет определять преимущества и значимость этих систем для развития различных подотраслей аграрного сектора экономики. Во-первых, она дает возможность оценить потенциал применения систем искусственного интеллекта в разных подотраслях (направлениях) сельского хозяйства и выбирать наиболее перспективные направления внедрения. Это может существенно ускорять развитие данных подотраслей и повышать их конкурентоспособность. Во-вторых, данная методика позволяет сосредотачивать ресурсы и усилия на наиболее значимых направлениях развития систем искусственного интеллекта. Это может также снижать риски внедрения этих систем и повышать эффективность использования ресурсов, прежде всего трудовых и финансовых. В-третьих, данная методика позволяет установить ясные цель и задачи развития отрасли и создать четкий план действий по их достижению. Это может способствовать более эффективному управлению процессами внедрения систем искусственного интеллекта. Наконец, методика может способствовать формированию возможностей для развития отдельных

подотраслей сельского хозяйства, связанных с внедрением систем искусственного интеллекта. Это, в свою очередь, может привести к росту инвестиций в подотрасли аграрного сектора экономики и повышению уровня жизни населения сельских территорий.

3.2 Методика определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта

Важное значение имеет оценка готовности организации сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта. Это требует использование методики определения готовности субъекта хозяйствования к внедрению той или иной системы. В частности, использование методики позволяет выявлять сильные и слабые стороны организаций сельского хозяйства и определять необходимые шаги по подготовке организации к внедрению системы. Оценка готовности организации позволяет снижать риски и оптимизировать затраты на процесс внедрения.

Готовность организации сельского хозяйства к внедрению конкретной системы (технологии) искусственного интеллекта определяется рядом факторов, основные из которых, по нашему мнению, следующие.

1. Внедрение систем искусственного интеллекта связано с определенными затратами. Важной составляющей оценки является определение финансовых возможностей организации для внедрения системы искусственного интеллекта. Отсутствие необходимых финансовых ресурсов может свидетельствовать о том, что решение о внедрении этих систем является преждевременным.

2. Рынок систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства находится на стадии зарождения. Необходимо оценить наличие необходимых решений, что требует привлечения экспертов в данной области.

3. Внедрение систем искусственного интеллекта может создать риски для безопасности и конфиденциальности данных организации сельского хозяйства. В связи с этим необходимо оценить готовность организации к обеспечению безопасности и конфиденциальности данных.

4. Внедрение многих систем искусственного интеллекта требует наличия у организации постоянного доступа к сети Интернет. В связи с этим необходимо определить долю рабочих мест (объектов производства) с доступом к сети Интернет. Если организация сельского хозяйства имеет низкую обеспеченность соответствующей инфраструктурой, это может потребовать дополнительных усилий по ее созданию.

5. Внедрение многих систем искусственного интеллекта требует наличия у организации определенной инфраструктуры и технических ресурсов, таких как серверы, вычислительные мощности и др. В связи с этим внедрению системы искусственного интеллекта должна предшествовать оценка доли покрытия территории хозяйства сетью Интернет.

6. Внедрение систем искусственного интеллекта требует от сотрудников специальных знаний и навыков. В связи с этим следует оценивать готовность персонала к использованию систем искусственного интеллекта. Если работники организации сельского хозяйства имеют низкий уровень навыков по взаимодействию с данными системами, то необходимо обеспечить их обучение, подготовку.

7. Внедрение систем искусственного интеллекта может потребовать изменений бизнес-процессов, организационной структуры и культуры. Это вызовет необходимость оценки готовности организаций к таким изменениям.

Перечень факторов, определяющих готовность определенной организации сельского хозяйства к внедрению конкретной системы искусственного интеллекта, может варьироваться (изменяться, сокращаться, дополняться) в зависимости от специфики системы.

Определение данных факторов и, соответственно, готовности организации сельского хозяйства к внедрению конкретной системы искусственного интеллекта можно произвести путем экспертной оценки. Результаты экспертной оценки можно свести в таблицу, примерный ее вид – таблица 23.

Таблица 23 – Определение готовности организации сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта

Факторы, определяющие готовность организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта	Оценка значимости фактора экспертами (A_i), баллы			Средняя оценка значимости фактора (F_i), баллы	Относительная оценка значимости фактора (R_j)
	1-й	2-й	3-й		
1. Наличие финансовых ресурсов для приобретения и внедрения систем искусственного интеллекта	8	10	10	9,33	0,152
2. Ожидаемая экономическая эффективность внедрения систем искусственного интеллекта (как инвестиционного проекта)	9	9	9	9,00	0,147
3. Наличие рынка систем искусственного интеллекта	7	8	9	8,00	0,130
4. Обеспечение конфиденциальности при внедрении систем искусственного интеллекта	7	6	6	6,33	0,103
5. Наличие необходимого количество рабочих мест (объектов производства) с доступом к сети Интернет	7	5	6	6,00	0,098
6. Наличие необходимой инфраструктуры передачи и хранения данных	6	5	6	5,67	0,092
7. Готовность работников к внедрению и использованию систем искусственного интеллекта	6	4	5	5,00	0,082
8. Наличие у работников компетенций по взаимодействию с системами искусственного интеллекта	4	5	4	4,33	0,071

Источник: разработано автором

Средняя оценка значимости фактора (F_i) определяется как средняя арифметическая оценок всех экспертов по формуле:

$$F_i = \frac{\sum_{k=1}^N F_{jk}}{N}, \quad (2)$$

где F_{jk} – оценка значимости j -го фактора k -м экспертом по 10-балльной шкале, баллы;

N – численность группы экспертов, чел.;

j – порядковый номер оцениваемого фактора, $j = 1, \dots, M$.

k – порядковый номер эксперта.

Можно определить относительную оценку значимости фактора R_j как отношение средней оценки значимости (F_i) каждого фактора к сумме средних оценок значимости всех факторов по формуле:

$$R_j = \frac{A_j}{\sum_{j=1}^J A_j}, \quad (3)$$

где J – число факторов комплексной оценки.

После оценки обозначенных факторов может быть произведена соответствующая работа. Кроме того, считаем возможным проведение специальных аудитов и консультаций со специалистами в области разработки и эксплуатации систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

В отношении экспертов необходимо заметить, что к ним следует предъявлять определенные требования. Они должны иметь опыт работы с системами искусственного интеллекта, понимание конъюнктуры рынка цифровых технологий. Эксперты должны уметь анализировать бизнес-процессы, иметь аналитические и коммуникативные способности. К обязательным их характеристикам следует отнести знание специфики сельского хозяйства. Экспертная группа должна включать представителей основных заинтересованных сторон процесса внедрения систем искусственного интеллекта (таблица 24).

Таблица 24 – Рекомендуемый состав экспертной группы и функции экспертов

Эксперты	Количество специалистов в группе, чел.
Представитель регионального органа Министерства сельского хозяйства	1
Представители отраслевых НИИ, вузов	1-2
Представители разработчиков систем искусственного интеллекта	1-3
Представители организации сельского хозяйства (руководители и ведущие специалисты)	1-3

Источник: разработано автором

В качестве экспертов могут выступить представители регионального органа Министерства сельского хозяйства РФ. Поскольку нередко внедрение новых технологий осуществляется при финансовой поддержке данного органа, это

вызывает необходимость оценки правомерности выделения дотаций или субсидий. В качестве экспертов могут также выступать представители разработчика системы искусственного интеллекта, сотрудники отраслевых НИИ, вузов, организации, которая непосредственно внедряет систему. Они могут проводить конкретную экспертизу технической возможности внедрения этой системы, оказывать поддержку в вопросах ее интеграции в бизнес-процессы.

Считаем целесообразным также осуществление специальной оценки инвестиционного проекта по внедрению систем искусственного интеллекта – его экономической эффективности, доходности, срока окупаемости. В связи с этим организация сельского хозяйства должна определить, какие процессы могут быть автоматизированы с применением систем искусственного интеллекта, какие выгоды это принесет.

На практике может возникнуть вопрос о выборе системы искусственного интеллекта из нескольких возможных (альтернативных). Это может быть связано с ограниченностью ресурсов. В этом случае целесообразна сравнительная оценка данных систем.

Приоритетность внедрения систем искусственного интеллекта (PV_{jk}) определяется как сумма произведений балльных оценок влияния каждого фактора, данных экспертами, и относительной оценки их значимости по формуле:

$$PV_{jk} = \frac{\sum_{j=1}^J F_{jk} * R_j}{J}, \quad (4)$$

где F_{jk} – оценка j -го фактора k -м экспертом;

R_j – относительная оценка значимости фактора;

k – порядковый номер эксперта, $k = 1, \dots, N$;

j – порядковый номер фактора комплексной оценки объекта, $j = 1, \dots, M$.

Оценка завершается присвоением рангов приоритетности внедрения каждой системе искусственного интеллекта с составлением соответствующего перечня систем. Ранги предпочтительности могут быть обозначены цифрами натурального ряда от 1 до p , где p – количество оцениваемых систем (объектов, рабочих мест,

процессов). При этом наименьшей ранг соответствует системе (для объектов, рабочих мест, процессов) с наивысшей оценкой предпочтительностью внедрения.

Приведем пример определения приоритетности внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства (таблица 25).

Таблица 25 – Определение приоритетности внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства

Факторы, определяющие приоритетность внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства	Относительная оценка значимости (Rj)	Направления внедрения, баллы		
		прогнозирование урожайности	диагностика заболеваний животных	анализ состояния почвы
1. Наличие финансовых ресурсов для приобретения и внедрения систем искусственного интеллекта	0,152	6,0	7,3	5,7
2. Ожидаемая экономическая эффективность внедрения систем искусственного интеллекта (как инвестиционного проекта)	0,147	5,7	8,7	4,3
3. Наличие рынка систем искусственного интеллекта	0,13	8,0	8,0	6,7
4. Обеспечение конфиденциальности при внедрении систем искусственного интеллекта	0,103	7,0	7,7	6,0
5. Наличие необходимого количество рабочих мест (объектов производства) с доступом к сети Интернет	0,098	5,7	6,7	4,0
6. Наличие необходимой инфраструктуры передачи и хранения данных	0,092	3,7	5,7	3,7
7. Готовность работников к внедрению и использованию систем искусственного интеллекта	0,082	3,3	3,7	3,3
8. Наличие у работников компетенций по взаимодействию с системами искусственного интеллекта	0,071	4,7	3,3	4,0
Итоговая оценка, баллы	-	5,9	6,9	5,0
Ранг предпочтительности	-	2	1	3

Источник: разработано автором

Как видно из таблицы 25, по результатам комплексной оценки наибольшую приоритетность внедрения имеет система диагностики заболеваний животных (ранг «1»). Это связано, прежде всего, с наибольшим ожидаемым экономическим

эффектом (8,7 балла) от внедрения этой системы, а также наличием государственной поддержки (субсидий) на внедрение системы (7,7 балла). Итоговая оценка внедрения системы искусственного интеллекта по диагностике здоровья животных составила 6,9 балла. На втором месте по приоритетности находится система прогнозирования урожайности (ранг «2» – 5,9 балла), на третьем – система по анализу состояния почвы (ранг «3» – 5,0 балла).

Определение готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта позволяет добиваться положительных результатов. Их внедрение может быть дорогостоящим и весьма затратным процессом с точки зрения расходования времени. Если организации имеют низкий уровень готовности, внедрение систем искусственного интеллекта может стать неэффективным, в некоторых случаях – привести к финансовым потерям. В то же время внедрение этих систем может оказать влияние на организационную культуру, структуру и производственные процессы, что может вызвать сопротивление у работников. Если организация не готова к этим изменениям, то она может столкнуться с проблемами в период внедрения и эксплуатации этих систем. Однако отсутствие готовности у организаций к внедрению систем искусственного интеллекта может привести к нежелательным последствиям. Поэтому выявление сильных и слабых сторон использования этих систем позволяет выбирать наиболее эффективные стратегии их внедрения. Таким образом, определение готовности организации сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта позволяет оценивать потенциал организации для успешного их внедрения и разрабатывать оптимальный план действий, который позволит минимизировать риски и максимизировать выгоды от внедрения этих систем.

3.3 Методика оценки деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства

Важное значение имеет оценка деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства [80; 81]. Данная оценка позволяет выявлять проблемы, определять имеющийся потенциал для улучшения деятельности по внедрению этих систем, разрабатывать и реализовывать стратегию внедрения этих систем в сельском хозяйстве.

При осуществлении оценки деятельности организаций сельского хозяйства по внедрению систем искусственного интеллекта следует руководствоваться следующими принципами. Принцип «комплексности» означает охват различных аспектов деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в отрасли. Принцип «целенаправленности» предполагает осуществление этой деятельности в соответствии с научно обоснованными целями – повышения эффективности сельскохозяйственного производства, управления отраслью за счет их внедрения и т.п. Принцип «измеримости» предполагает возможность осуществлять количественную и качественную оценку деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Принцип «непрерывности» предполагает осуществление постоянного (непрерывного) мониторинга деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта, анализа и корректировки данной деятельности. Учет этих принципов позволяет повысить эффективность деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства.

Можно предложить несколько показателей, характеризующих деятельность по внедрению определенных систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Показатели могут быть выражены в долях единицы или в процентах.

1. Сроки внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства. Показатель соответствия фактических сроков внедрения системы искусственного интеллекта (от начала процесса внедрения до выхода ее на проектную мощность) установленным плановым или нормативным, если

таковые существуют, срокам внедрения ($CB_{\text{внедр}}$). Его можно рассчитать по формуле:

$$CB_{\text{внедр}} = \frac{PB_{\text{иифакт}}}{PB_{\text{ииплан}}} \times 100\%, \quad (5)$$

где $PB_{\text{иифакт}}$, $PB_{\text{ииплан}}$ – фактический и плановый (нормативный) срок внедрения системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно, дни.

Срок внедрения может быть измерен в днях (месяцах, годах). Нормативные сроки внедрения могут устанавливаться экспериментальным или расчетным путем с привлечением отраслевых НИИ, разработчиков этих систем и т.д.

2. Ресурсоемкость внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства. Показатель, отражающий соответствие фактических затрат на внедрение определенной системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства плановым (нормативным) затратам на ее внедрение ($P_{\text{внедр}}$), можно рассчитать по формуле:

$$P_{\text{внедр}} = \frac{Z_{\text{иифакт}}}{Z_{\text{ииплан}}} \times 100\%, \quad (6)$$

где $Z_{\text{иифакт}}$, $Z_{\text{ииплан}}$ – фактические и плановые (нормативные) затраты на внедрение системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно, руб.

Фактические затраты на внедрение системы искусственного интеллекта представляет собой сумму средств, затраченных на процесс внедрения этой системы. Плановые (нормативные) затраты могут быть определены экспериментальным путем с привлечением отраслевых НИИ, разработчиков этих систем, обобщения практики внедрения этих систем в отрасли и т.д.

3. Объем данных, полученных с применением систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства. Удельный вес информации, получаемой в каждый конкретный момент времени с применением систем искусственного интеллекта, т.е. без участия человека ($I_{\text{ии}}$), можно рассчитать по формуле:

$$I_{\text{ии}} = \frac{I_{\text{а}}}{I_{\text{общ}}} \times 100\%, \quad (7)$$

где $I_{\text{а}}$ – объем информации, получаемой автоматически (с помощью датчиков, сканеров, видеокамер, трекеров), байт;

$I_{\text{общ}}$ – общий объем информации, используемой организацией сельского хозяйства, байт.

Использование показателя позволяет оценивать удельный вес данных, обладающих необходимыми качественными характеристиками (структурированностью, точностью, надежностью, доступностью) и позволяющих руководителю оперативно принимать взвешенные управленческие решения. Структурированные данные представляют собой информацию в виде баз данных, неструктурированные – представляет собой тестовые документы. Данные, полученные от человека, требуют, как правило, больше времени на анализ и обработку. Обработка неструктурированных данных занимает больше времени и требует больших усилий. Кроме того, информация, полученная с применением цифровых технологий, обладает большей точностью и надежностью, чем полученная путем измерений, вручную. Она также обладает доступностью, что предполагает возможность ее использования в любой момент времени.

4. Масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Удельный вес процессов (рабочих мест) организации сельского хозяйства, где уже используются системы искусственного интеллекта, представляет собой масштаб внедрения этих систем ($M_{\text{внедр}}$). Его можно рассчитать по формуле:

$$M_{\text{внедр}} = \frac{PM_{\text{ии}}}{PM_{\text{общ}}} \times 100\%, \quad (8)$$

где $PM_{\text{ии}}, PM_{\text{общ}}$ – количество процессов (рабочих мест) с системами искусственного интеллекта и общее количество процессов (рабочих мест) в организации сельского хозяйства соответственно, ед.

Данный показатель позволяет определять уровень использования конкретной организацией сельского хозяйства системы искусственного интеллекта. Рассмотрение его в динамике позволяет оценить, насколько активно внедряются эти системы в организации.

5. Достижение системами искусственного интеллекта проектных показателей функционирования в организации сельского хозяйства. Показатель, характеризующий достижение системой искусственного интеллекта проектных показателей (мощности) ($ПП_{ии}$), можно исчислить как отношение фактических полученных показателей (результативности, точности и др.) к проектным значениям. Его можно рассчитать по формуле:

$$ПП_{ии} = \frac{ПП_{факт}}{ПП_{план}} \times 100\%, \quad (9)$$

где $ПП_{факт}$, $ПП_{план}$ – фактические и плановые (нормативные) показатели функционирования системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно.

Можно свести показатели внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства в таблицу 26.

Таблица 26 – Показатели внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства

Показатель	Расчет
1. Сроки внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства ($СВ_{внедр}$)	$СВ_{внедр} = \frac{ПВ_{иифакт}}{ПВ_{ииплан}} \times 100\%,$ где $ПВ_{иифакт}$, $ПВ_{ииплан}$ – фактический и плановый (нормативный) срок внедрения системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно, дни (месяцы, годы)
2. Ресурсоемкость внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства ($Р_{внедр}$)	$Р_{внедр} = \frac{З_{иифакт}}{З_{ииплан}} \times 100\%,$ где $З_{иифакт}$, $З_{ииплан}$ – фактические и плановые (нормативные) затраты на внедрение систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно, руб.

Продолжение таблицы 26

Показатель	Расчет
3. Объем данных, полученный с применением систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства ($I_{ин}$)	$I_{ин} = \frac{I_a}{I_{общ}} \times 100\%,$ где I_a – объем информации, получаемой автоматически (с помощью датчиков, сканеров, видеокамер, трекеров), байт; $I_{общ}$ – общий объем информации, используемой организацией сельского хозяйства, байт
4. Масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства ($M_{внедр}$)	$M_{внедр} = \frac{PM_{ин}}{PM_{общ}} \times 100\%,$ где $PM_{ин}$, $PM_{общ}$ – количество процессов (рабочих мест), использующих системы искусственного интеллекта, и общее количество процессов (рабочих мест) в организации сельского хозяйства соответственно, ед.
5. Достижение системами искусственного интеллекта проектных показателей функционирования в организации сельского хозяйства ($ПП_{ин}$)	$ПП_{ин} = \frac{ПП_{факт}}{ПП_{план}} \times 100\%,$ где $ПП_{факт}$, $ПП_{план}$ – фактические и плановые (нормативные) показатели функционирования системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно

Источник: разработано автором

Также в качестве показателей функционирования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве могут быть использованы показатели, характеризующие работу этих систем, в том числе результативность, точность и др. Результативность отражает способность этих систем решать задачи с высокой точностью. Точность систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – способность этих систем решать поставленные задачи с минимальным количеством ошибок. Фактические показатели функционирования системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства могут быть определены путем наблюдений и соответствующих измерений. Плановые (нормативные) показатели функционирования систем могут быть определены экспериментальным путем с привлечением отраслевых НИИ, разработчиков этих систем, обобщения практики внедрения этих систем в отрасли и т.д.

Одним из важнейших показателей, характеризующих процесс внедрения, является масштаб. Можно использовать следующие значения данного показателя:

– 0,75–1,0 – высокие значения масштаба внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Высокие значения эффективности внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве могут указывать на то, что хозяйствующие субъекты или органы управления отраслью довольно оперативно внедряют эти системы в свою деятельность, соблюдают установленные лимиты затрат, активно вовлекают работников в процесс по внедрению, распространяют эти системы на всех уровнях организационной структуры. Высокие значения могут указывать на необходимость обобщения успешного опыта внедрения этих систем для его использования в других организациях сельского хозяйства и органах управления отраслью;

– 0,45–0,74 – средние значения масштаба внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Средние значения эффективности внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве указывают на ограниченную инновационную активность, ограниченный масштаб внедрения, средний уровень одобрения со стороны работников и руководства. Эффективность процесса внедрения при данных значениях можно повысить, прежде всего, путем повышения квалификации работников. Для этого могут быть организованы обучающие программы, тренинги, семинары и другие мероприятия по развитию компетенций в области взаимодействия с системами искусственного интеллекта;

– менее 0,45 – низкие значения масштаба внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Низкие значения эффективности внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве могут указывать на то, что хозяйствующие субъекты и/или органы управления отраслью испытывают существенные трудности при внедрении этих систем. Процесс осуществляется с затягиванием сроков, низкой степенью одобрения со стороны работников и руководства, превышением выделенных средств на внедрение и низкой степенью проникновения этих систем в организационную структуру (масштабом).

В связи с этим целесообразно осуществлять постоянный мониторинг и анализ деятельности организации сельского хозяйства по внедрению систем искусственного интеллекта, что позволит выявлять возникающие проблемы. При этом необходимо мотивировать деятельность организаций и работников по внедрению систем искусственного интеллекта, установить тесное взаимодействие с научно-исследовательскими организациями и разработчиками данных систем.

3.4 Методика оценки экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Весьма важное значение имеет оценка используемых систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Для этого предлагаем применять структурированный подход, включающий набор взаимосвязанных показателей для оценки эффективности использования этих систем. Показатели экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это набор специфичных индикаторов, позволяющих оценивать результаты и эффективность внедрения и использования этих систем в организациях сельского хозяйства и органах управления отраслью.

Следует учитывать, что применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве довольно сложный процесс, что требует учета множества факторов и особенностей, учета специфики подотраслей сельского хозяйства и территориальных особенностей.

В основе оценки используемых в организациях сельского хозяйства систем искусственного интеллекта лежит выявление конкретных результатов или эффектов от их использования. При этом может быть выявлен как прямой, так и косвенный эффект. Основные составляющие экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве представлены на рисунке 22.



Рисунок 22 – Виды систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, области их применения, эффекты, затраты и ресурсная база
 Источник: разработано автором

Во многих случаях применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве предполагает снижение или оптимизацию расходования применяемых ресурсов.

Экономическую эффективность снижения расходования ресурсов (Эф_p) за счет применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно рассчитать по формуле:

$$\text{Эф}_p = \frac{(\Phi_1 \times C - \Phi_2 \times C) \times O_p}{Z_{\text{ии}}}, \quad (10)$$

где Φ_1 , Φ_2 – фактический расход ресурсов (воды, топлива, семян, удобрений, средств защиты растений) до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, кг (л, ц, т);

C – стоимость единицы ресурса, руб.;

O_p – объем выполненных работ, га (ч, т-км и т.д.);

$Z_{\text{ии}}$ – затраты связанные с применением системы искусственного интеллекта, руб.

Применение систем искусственного интеллекта в отрасли позволяет повышать урожайность сельскохозяйственных культур. Урожайность с применением систем искусственно интеллекта может быть повышена за счет оптимизации полива (управления водными ресурсами), оптимального времени проведения агротехнических мероприятий на основе анализа состояния почвы, своевременного выявления насекомых-вредителей и сорняков, выявления и идентификации болезней растений, снижения потерь во время уборки. Так, урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от своевременного полива. Дефицит водных ресурсов и несоблюдение режимов полива существенно снижает урожайность сельскохозяйственных культур. Использование систем искусственного интеллекта в управлении водными ресурсами позволяет оптимизировать расходование воды за счет оптимизации режима полива. Оптимальный режим полива, в свою очередь, позволяет получить прирост урожайности сельскохозяйственных культур. Одной из особенностей сельскохозяйственного производства является использование земельных ресурсов

как средства производства. Применение систем искусственного интеллекта позволяет оперативно получать данные о состоянии почвы, в том числе влажности, температуре, агрегативной устойчивости, эрозии и пр. Анализ этих данных позволяет принять решение об оптимальных сроках выполнения агротехнических мероприятий, в том числе закрытия влаги, вспашки, культивации и т.д. Проведение в оптимальные сроки агротехнических мероприятий позволяет получить экономический эффект от прироста урожайности сельскохозяйственных культур. Так, своевременно проведенное закрытие влаги позволяет получить прирост урожайности зерновых до 2 ц/га.

Использование систем искусственного интеллекта при диагностике заболеваний растений на ранних стадиях позволяет своевременно принимать решения о выполнении агротехнических мероприятий по предотвращению их распространения. Это, в свою очередь, позволяет снизить потери от заболевания сельскохозяйственных культур и таким образом повысить их урожайность. Использование систем искусственного интеллекта в выявлении и идентификации сорняков позволяет своевременно обнаружить их распространение и принять меры по химической и механической прополке. При этом системы искусственного интеллекта могут быть использованы в составе автоматизированных систем (роботов) по механической прополке сорняков. Это позволяет добиться прироста урожайности сельскохозяйственных культур. Распространение насекомых-вредителей может нанести существенный ущерб насаждениям культурных растений, снизить их урожайность. Использование систем искусственного интеллекта в выявления и идентификации насекомых-вредителей позволяет своевременно их обнаружить и принять меры по недопущению их распространения. Таким образом, применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет получить дополнительный экономический эффект от повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Определение экономической эффективности мероприятий по повышению урожайности культуры ($Эф_{пу}$) за счет применения

систем искусственного интеллекта можно рассчитать по увеличению стоимости прироста по формуле:

$$\text{Эф}_{\text{пу}} = \frac{U_{p2} \times \text{Пл} \times \text{Ц}_p - U_{p1} \times \text{Пл} \times \text{Ц}_p}{Z_{\text{ии}}}, \quad (11)$$

где U_{p2} , U_{p1} – урожайность сельскохозяйственной культуры после и до внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/га;

Пл – площадь возделывания, га;

Ц_p – цена реализации продукции, руб./ц;

$Z_{\text{ии}}$ – затраты, связанные с применением системы искусственного интеллекта, руб.

Прогнозирование как вид деятельности играет важную роль в сельском хозяйстве. Системы искусственного интеллекта используются при прогнозировании финансово-экономических показателей деятельности организаций сельского хозяйства и прогнозировании урожайности. Как показывает анализ исследований, при прогнозе финансово-экономических показателей деятельности организаций системы искусственного интеллекта применяются для финансового оздоровления и прогнозирования вероятности наступления банкротства хозяйствующих субъектов. Точный прогноз урожайности является важным инструментом в управлении отраслью и сельскохозяйственным производством. Прогноз урожайности на уровне управления отраслью позволяет эффективно планировать потребности в финансовых ресурсах для государственной поддержки аграрного сектора экономики, прогнозировать цены на основные виды сельскохозяйственной продукции, прогнозировать финансовые средства на страхование урожаев и т.д. Прогнозирование урожайности на уровне организаций сельского хозяйства позволяет планировать площади посевов и закупки семян, определять объемы внесения удобрений, создавать резервы мощностей по уборке и т.д. Использование систем искусственного интеллекта позволяет повысить следующие характеристики процесса прогнозирования в сельском хозяйстве:

– точность – за счет использования больших наборов данных, в том числе метеорологических, исторических данных по урожайности, почвенных характеристик и пр., и автоматизированного извлечения закономерностей программными средствами;

– детализацию – предоставление информации в различных аспектах, влияющих на урожайность, за счет возможности систем искусственного интеллекта обрабатывать большие наборы данных и учитывать сложные взаимодействия факторов;

– временные характеристики – повышение оперативности прогнозов за счет автоматизации анализа быстроменяющихся факторов производства и в режиме реального времени;

– надежность, степень достоверности – за счет использования больших наборов данных, автоматизации процесса прогнозирования и снижения воздействия человеческого фактора.

Экономическую эффективность мероприятия по внедрению системы планирования деятельности организации с использованием систем искусственного интеллекта ($Эф_{\text{план.орг}}$) можно рассчитать по формуле:

$$Эф_{\text{план.орг}} = \frac{(З_{\text{пл1}} - З_{\text{пл2}}) \times K_{\text{внедр}}}{З_{\text{ии}}}, \quad (12)$$

где $З_{\text{пл1}}$, $З_{\text{пл2}}$ – затраты на планирование до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, руб.;

$K_{\text{внедр}}$ – коэффициент внедрения системы искусственного интеллекта;

$З_{\text{ии}}$ – затраты, связанные с внедрением системы искусственного интеллекта, руб.

Применение систем искусственного интеллекта позволяет своевременно идентифицировать болезни растений и появление насекомых-вредителей. Это, в свою очередь, позволяет своевременно принять меры для недопущения распространения насекомых и развития болезней, что находит выражение в повышении качества продукции. Экономический эффект от повышения качества сельскохозяйственной продукции состоит в возможности реализации продукции по более высокой цене. Экономическую эффективность повышения качества

сельскохозяйственной продукции ($\Delta\Phi_{\text{кп}}$) за счет применения системы искусственного интеллекта можно рассчитать по формуле:

$$\Delta\Phi_{\text{кп}} = \frac{U_{p2} \times P_{\text{л/ж}} \times C_{p2} - U_{p1} \times P_{\text{л/ж}} \times C_{p1}}{Z_{\text{ии}}}, \quad (13)$$

где U_{p1} и U_{p2} – урожайность культуры до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/га;

$P_{\text{л}}$ – площадь возделывания, га;

C_1 и C_2 – цены реализации продукции до и после внедрения системы искусственного интеллекта, руб./ц;

$Z_{\text{ии}}$ – затраты, связанные с применением системы искусственного интеллекта соответственно, руб.

Применение систем искусственного интеллекта позволяет повышать производительность труда. Это находит свое выражение в снижении затрат рабочего времени на единицу выполняемых работ или производимой продукции, в повышении объемов производимой продукции или выполняемых работ в единицу времени и т.д. Экономическую эффективность мероприятий по повышению производительности труда ($\Delta\Phi_{\text{пт}}$) за счет применения системы искусственного интеллекта можно рассчитать по формуле:

$$\Delta\Phi_{\text{пт}} = \frac{(Z_{\text{т1}} \times C_{\text{т}} - Z_{\text{т2}} \times C_{\text{т}}) \times O_{\text{р}}}{Z_{\text{ии}}}, \quad (14)$$

где $Z_{\text{т1}}$, $Z_{\text{т2}}$ – затраты труда на единицу продукции до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, чел.-ч;

$C_{\text{т}}$ – стоимость 1 чел.-ч, р.;

$O_{\text{р}}$ – объем выполненных работ, га, ц и т.д.;

$Z_{\text{ии}}$ – затраты, связанные с применением системы искусственного интеллекта, руб.

Применение систем искусственного интеллекта в животноводстве позволяет получить экономический эффект от увеличения продуктивности животных. Этот эффект достигается за счет более сбалансированного индивидуального рациона кормления животного в зависимости от его физиологического состояния

(здоровья, продуктивности и пр.). Применение этих систем позволяет своевременно выявить наступлении эструса, диагностировать заболевания маститом на ранних стадиях, оптимизировать рацион кормления по группам животных и т.д. Экономическую эффективность мероприятия по повышению продуктивности животных ($\text{Эф}_{\text{пп}}$) за счет применения системы искусственного интеллекта можно рассчитать по формуле:

$$\text{Эф}_{\text{пп}} = \frac{\text{Пр}_2 \times \text{П}_ж \times \text{Ц}_р - \text{Пр}_1 \times \text{П}_ж \times \text{Ц}_р}{\text{З}_{\text{ии}}}, \quad (15)$$

где Пр_2 , Пр_1 – продуктивность животных после и до внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/гол.;

$\text{П}_ж$ – поголовье животных, гол.;

$\text{Ц}_р$ – цена реализации продукции, руб./ц;

$\text{З}_{\text{ии}}$ – затраты, связанные с применением системы искусственного интеллекта, руб.

Можно обобщить показатели экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве (таблица 27).

Таблица 27 – Показатели экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Показатели	Формулы расчета показателей
Экономическая эффективность снижения расходования ресурсов ($\text{Эф}_р$) за счет применения систем искусственного интеллекта	$\text{Эф}_р = \frac{(\Phi_1 \times \text{С} - \Phi_2 \times \text{С}) \times \text{О}_р}{\text{З}_{\text{ии}}},$ где Φ_1, Φ_2 – фактический расход ресурсов (воды, топлива, семян, удобрений, средств защиты растений) до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, кг (л, ц, т); С – стоимость единицы ресурса, руб.; $\text{О}_р$ – объем выполненных работ, га (ч, т-км и т.д.); $\text{З}_{\text{ии}}$ – затраты связанные с применением системы искусственного интеллекта, руб.
Экономическая эффективность мероприятий по повышению урожайности культуры ($\text{Эф}_{\text{пу}}$) за счет применения систем искусственного интеллекта	$\text{Эф}_{\text{пу}} = \frac{\text{Ур}_2 \times \text{Пл} \times \text{Ц}_р - \text{Ур}_1 \times \text{Пл} \times \text{Ц}_р}{\text{З}_{\text{ии}}},$ где Ур_2, Ур_1 – урожайность сельскохозяйственной культуры после и до внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/га; Пл – площадь возделывания, га; $\text{Ц}_р$ – цена реализации продукции, р./ц

Продолжение таблицы 27

Показатели	Формулы расчета показателей
Экономическая эффективность мероприятия по внедрению системы планирования деятельности организации с использованием систем искусственного интеллекта ($\text{Эф}_{\text{план.орг}}$)	$\text{Эф}_{\text{план.орг}} = \frac{(\text{З}_{\text{пл1}} - \text{З}_{\text{пл2}}) \times \text{К}_{\text{внедр}}}{\text{З}_{\text{ии}}},$ где $\text{З}_{\text{пл1}}$, $\text{З}_{\text{пл2}}$ – затраты на планирование до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, руб.; $\text{К}_{\text{внедр}}$ – коэффициент внедрения системы искусственного интеллекта
Экономическая эффективность повышения качества сельскохозяйственной продукции ($\text{Эф}_{\text{кп}}$) за счет применения системы искусственного интеллекта	$\text{Эф}_{\text{кп}} = \frac{\text{У}_{\text{р2}} \times \text{П}_{\text{л/ж}} \times \text{Ц}_{\text{р2}} - \text{У}_{\text{р1}} \times \text{П}_{\text{л/ж}} \times \text{Ц}_{\text{р1}}}{\text{З}_{\text{ии}}},$ где $\text{У}_{\text{р1}}$ и $\text{У}_{\text{р2}}$ – урожайность культуры до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/га; $\text{П}_{\text{л}}$ – площадь возделывания, га; Ц_{1} и Ц_{2} – цены реализации продукции до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, руб./ц
Экономическая эффективность мероприятий по повышению производительности труда ($\text{Эф}_{\text{пт}}$) за счет применения системы искусственного интеллекта	$\text{Эф}_{\text{пт}} = \frac{(\text{З}_{\text{т1}} \times \text{С}_{\text{т}} - \text{З}_{\text{т2}} \times \text{С}_{\text{т}}) \times \text{О}_{\text{р}}}{\text{З}_{\text{ии}}},$ где $\text{З}_{\text{т1}}$, $\text{З}_{\text{т2}}$ – затраты труда на единицу продукции до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, чел.-ч; $\text{С}_{\text{т}}$ – стоимость 1 чел.-ч, р.; $\text{О}_{\text{р}}$ – объем выполненных работ, га, ц и т.д.
Экономическая эффективность мероприятия по повышению продуктивности животных ($\text{Эф}_{\text{пп}}$) за счет применения системы искусственного интеллекта	$\text{Эф}_{\text{пп}} = \frac{\text{Пр}_{\text{2}} \times \text{П}_{\text{ж}} \times \text{Ц}_{\text{р}} - \text{Пр}_{\text{1}} \times \text{П}_{\text{ж}} \times \text{Ц}_{\text{р}}}{\text{З}_{\text{ии}}},$ где Пр_{2}, Пр_{1} – продуктивность животных после и до внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/гол.; $\text{П}_{\text{ж}}$ – поголовье животных, гол.; $\text{Ц}_{\text{р}}$ – цена реализации продукции, руб./ц

Источник: разработано автором

Определение экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет сравнивать ожидаемые и фактические результаты их использования. Это позволяет организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью делать обоснованные выводы о целесообразности применения систем искусственного интеллекта и принимать взвешенные решения о необходимости расходования финансовых ресурсов на их разработку и внедрение. Кроме того, определение экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта дает возможность сопоставить затраты на их разработку и внедрение и ожидаемые результаты. Такая оценка позволит оптимизировать использование

финансовых, технических и трудовых ресурсов при применении этих систем. Это также позволит организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью проводить мониторинг и анализировать результаты применения этих систем в отрасли. При несоответствии фактических результатов использования этих систем ожиданиям оценка экономической эффективности позволяет своевременно предпринять корректирующие воздействия на основе полученных данных. Определение экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта позволит сделать обоснованные выводы о наличии или отсутствии конкурентных преимуществ организаций сельского хозяйства, использующих эти системы, в сравнении с организациями, использующими традиционные технологии (без систем искусственного интеллекта). Эта оценка также позволит сравнить уровень конкурентоспособности сельского хозяйства различных стран, масштабно использующих эти системы в производстве и управлении отраслью или не использующих их. Высокая экономическая эффективность применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволит привлечь дополнительные инвестиции в разработку и внедрение этих систем, расширит круг заинтересованных сторон в использовании систем искусственного интеллекта в отрасли.

Научно-технический эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в использовании принципиально новых средств производства, которые позволяют повышать валовое производство продукции, производительность труда, добиваться прироста инвестиций в отрасль, повышать качество жизни населения сельских территорий. В целом научно-технический эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может способствовать экономическому росту, повышению конкурентоспособности отечественного аграрного сектора экономики на международном рынке. Экономический эффект от научно-технических усовершенствований в результате применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может быть измерен по приросту производительности

труда, увеличению производства продукции сельского хозяйства по сравнению с традиционными технологиями.

Социальный эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в улучшении многих аспектов жизни населения сельских территорий. Прежде всего, это создаст предпосылки для улучшения условий труда. Это может найти выражение в снижении монотонности выполняемых операций за счет их выполнения системами искусственного интеллекта. Виды работ в сельском хозяйстве с вредными и опасными условиями могут быть выполнены робототехникой с элементами искусственного интеллекта. Развитие инфраструктуры искусственного интеллекта позволит повысить доступность к информации, что приведет к более эффективному обмену знаниями и улучшению осведомленности населения сельских территорий. Это позволит также улучшить коммуникации и связь между людьми. Массовое применение в сельском хозяйстве систем искусственного интеллекта позволит обеспечить приток в отрасль молодых работников, которые предпочитают взаимодействие с цифровыми технологиями. Экономический эффект от улучшения социальных условий в результате применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может быть измерен увеличением в продолжительности жизни и улучшением здоровья населения сельских территорий. Взаимодействие с системами искусственного интеллекта позволит повысить уровень доходов работников сельского хозяйства, поскольку связано с ростом их квалификации. В целом применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может повлиять на социальные отношения и межличностное взаимодействие, приведет к изменениям в образе жизни и культурных ценностях населения сельских территорий.

Сельскохозяйственное производство оказывает значительное воздействие на состояние окружающей среды. Экологический эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в снижении воздействия на окружающую среду в результате более эффективного использования ресурсов. Применение данных систем позволит реализовать точечное опрыскивание

сельскохозяйственных культур средствами защиты растений, вносить в необходимом количестве минеральные удобрения в оптимальных дозировках, оптимизировать расходование воды при точечном поливе, добиться экономии топлива в беспилотных тракторах и комбайнах. Это позволит снизить загрязнение воды, воздуха, почвы вредными выбросами. Применение этих систем позволит оптимизировать потребление энергоресурсов за счет оптимизации режимов работы двигателей тракторов, комбайнов и прочих транспортных средств, электродвигателей на фермах, в передаточных устройствах и т.д. Системы мониторинга с искусственным интеллектом позволят оптимизировать мероприятия по восстановлению почвенного покрова, утраченного в том числе в результате ветровой, водной эрозии и т.д. Применение этих систем позволит с большей эффективностью отслеживать экологические угрозы и проблемы, связанные с изменением климата. Таким образом, экологический эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может иметь важное значение для сохранения и улучшения качества окружающей среды. Экономический эффект от снижения воздействия на окружающую среду в результате применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может состоять в уменьшении затрат на ликвидацию вредных последствий загрязнений, повышении уровня доходов субъектов хозяйствования, реализации экологически чистой продукции по высоким ценам и т.д.

Сельскохозяйственное производство связано с взаимодействием работников с объектами повышенной опасности. Применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может дать экономический эффект от повышения уровня безопасности, который может найти выражение в снижении несчастных случаев и травматизма на производстве [145]. Разработка и применение технологий по автоматизированной уборке урожая с системами искусственного интеллекта позволит снизить риск несчастных случаев и повысить безопасность работников. Применение доильных роботов с системами машинного зрения позволит снизить риски получения травм в результате взаимодействия с животными, а также развития профессиональных заболеваний,

связанных с тяжелыми условиями труда доярок. Экономический эффект от повышения безопасности сельскохозяйственного производства в результате применения систем искусственного интеллекта может состоять в снижении издержек на лечение и санаторно-курортное восстановление работников, последствий травм и профессиональных заболеваний. Применение этих систем позволит существенно повысить безопасность работников отрасли и улучшить качество жизни населения сельских территорий.

Сельское хозяйство сталкивается с дефицитом кадров. В некоторых случаях дефицит работников является основным фактором, ограничивающим реализацию инвестиционных проектов в отрасли (расширение производства, создание новых хозяйств). Применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволит снизить негативное воздействие дефицита кадров на отрасль. Кадровый эффект от применения данных систем состоит в снижении негативного воздействия дефицита кадров на отрасль. Прежде всего, это может быть связано с автоматизацией наиболее трудоемких процессов в сельскохозяйственном производстве. Так, в настоящее время позволяет снизить дефицит кадров в животноводстве применение дольных роботов с системами машинного зрения. Их использование позволяет полностью автоматизировать процесс доения, что снижает потребность в операторах машинного доения. Дальнейшее развитие беспилотных тракторов и комбайнов, а также принятие соответствующей нормативно-правовой базы их применения позволит снизить дефицит трактористов-машинистов. Развитие систем искусственного интеллекта в уборке сельскохозяйственных культур позволит автоматизировать эти процессы. Развитие экспертных систем и их применение в отрасли позволит снизить дефицит специалистов, в том числе бухгалтеров, экономистов, агрономов, ветеринаров и т.д. Так, многие функции бухгалтерского учета и планирования могут быть полностью автоматизированы. Экспертные системы по выявлению болезней животных позволяют снизить потребности в количестве ветеринарных врачей, повысить нормы обслуживания животных. Главному агроному экспертные системы позволяют своевременно выявлять болезни растений,

определять оптимальные сроки посадки и уборки, что снизит необходимость в других специалистах. Экономический эффект от снижения дефицита кадров в результате применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в сокращении затрат на поиск и подготовку квалифицированных работников, простоев по организационным причинам (отсутствие необходимого количества работников), повышении валового производства продукции от выполнения операций в установленные сроки и т.д.

Народнохозяйственный эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в росте ВВП сельского хозяйства, создании высокопроизводительных рабочих мест, повышении благосостояния жителей сельских территорий, увеличении экспортного потенциала сельского хозяйства. Рост ВВП сельского хозяйства может быть достигнут за счет совершенствования планирования развития отрасли, повышения производительности труда, оптимизации процессов производства, экономии всех видов применяемых ресурсов и т.д. Создание новых рабочих мест в отрасли в условиях применения систем искусственного интеллекта связано с необходимостью обслуживания функционирования этих систем, в том числе удаленным способом, переквалификации традиционных рабочих мест на взаимодействие с искусственным интеллектом. Рост благосостояния населения сельских территорий от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может быть достигнут за счет увеличения налоговых поступлений от сельского хозяйства в бюджеты различных уровней (федеральный, субъекта федерации, муниципальный).

Затраты на приобретение оборудования – систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства – могут значительно варьироваться в зависимости от сложности этих систем. К ним можно отнести затраты на серверы и вычислительные кластеры для обработки больших объемов данных и выполнения сложных вычислений. В некоторых случаях разработка может потребовать приобретения графических процессоров для ускорения процессов обучения. В затраты могут включаться расходы на использование специализированных

хранилищ данных, в том числе дисковых или облачных хранилищ. В 2021 г. Минцифры объявило о создании госоператора больших данных, использование которого будет платным для организаций [100]. В Минсельхозе имеется проект создания единой цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, на которой, по всей вероятности, могут храниться данные [1]. Для разработки может потребоваться приобретение специализированного программного обеспечения и сетевого оборудования. Затраты разработчиков могут включать расходы на установку, настройку и обслуживание оборудования, электроэнергию и т.д.

Затраты на создание и поддержание инфраструктуры могут быть значительными, они зависят от многих факторов, масштаба внедрения, специфики применяемых технологий и пр. К ним можно отнести затраты на хранилища данных, системы безопасности использования, инфраструктуру для облачных вычислений, расходы на покрытие объектов сельского хозяйства сетью Интернет и др.

Обучение работников сельского хозяйства применению систем искусственного интеллекта является определяющим фактором успешности внедрения этих систем. Затраты на обучение работников использованию систем искусственно интеллекта могут сильно варьироваться в зависимости от различных факторов. Прежде всего, они зависят от сложности внедряемой системы искусственно интеллекта. Необходимо учитывать тешущий уровень квалификации работников, при этом затраты могут увеличиться, если работники не имеют базовых навыков работы с цифровыми технологиями. Затраты на обучение работников пропорциональны количеству рабочих мест, на которых будут применяться эти системы. Наиболее целесообразно проводить обучение уже работающих в организации работников. Привлечение специалистов с навыками работы с системами искусственного интеллекта со стороны может стать дорогостоящим мероприятием.

Затраты на эксплуатацию и сервисное обслуживание могут сильно варьироваться в зависимости от сложности систем искусственного интеллекта,

масштабности внедрения, области применения этих систем и т.д. Существенную долю затрат могут составить затраты на электроэнергию. Эксплуатация этих систем потребует затрат на обслуживание и регулярную техническую поддержку таких систем, как серверы, хранилища данных, сенсоры, датчики, автоматические системы управления и т.д. При длительном использовании этих систем могут понадобиться обновление и модернизация программного обеспечения для улучшения производительности системы и повышения точности.

Внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве требует соответствующей ресурсной базы. Она представляет собой совокупность доступных в настоящее время для организаций сельского хозяйства и органов управления отраслью финансовых, трудовых, материально-технических, инфраструктурных и других ресурсов для внедрения и использования этих систем в отрасли. Наличие ресурсной базы играет важную роль в проникновении систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственное производство и управление отраслью. Достаточное количество используемых ресурсов существенно повысит эффективность внедрения этих систем, а их отсутствие может ограничить деятельность по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Создание необходимой ресурсной базы для внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве включает планирование их потребности, разработку стратегии создания и распределения имеющихся ресурсов. Этот важный аспект управленческой деятельности требует внимания на различных уровнях управления: руководителей организаций сельского хозяйства, органов управления отраслью, Правительства РФ и других заинтересованных сторон.

Материально-технические ресурсы применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве включают в себя различные виды оборудования и программного обеспечения. К основным материально-техническим ресурсам следует отнести:

- компьютерное оборудование для работы систем искусственного интеллекта, способное обрабатывать большие объемы данных и выполнять сложные вычисления;
- хранилища данных (серверы и облачные хранилища) для хранения и управления большими объемами данных об объектах сельскохозяйственного производства, необходимых для обучения и работы этих систем;
- сенсоры и датчики для получения информации об объектах сельскохозяйственного производства, в том числе датчики движения, камеры, микрофоны, гироскопы и т.д.;
- программное обеспечение для разработки и применения систем искусственного интеллекта;
- инфраструктуру облачных вычислений – удаленные мощности серверов для обработки данных об объектах сельскохозяйственного производства и запуска систем искусственного интеллекта.

Финансовые ресурсы играют ключевую роль в применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. В качестве финансовых ресурсов могут выступать инвестиции заинтересованных сторон в создание и применение этих систем. К ним можно отнести инвестиции крупных агрохолдингов, разработчиков программного обеспечения и др. В качестве финансовых ресурсов могут выступить средства государственных программ, направленных на развитие и поддержку систем искусственного интеллекта. К финансовым ресурсам можно отнести налоговые льготы, субсидии [109], гранты и другие меры поддержки со стороны государства, направленные на развитие этих систем.

Трудовые ресурсы в условиях применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве должны обладать соответствующими особенностями подготовки [177; 288]. Внедрение искусственного интеллекта потребует от работников переподготовки и обучения, чтобы они могли эффективно взаимодействовать с этими системами. Органы управления отраслью субъектов хозяйствования должно предусмотреть программы обучения, которые

помогут работникам приобрести необходимые навыки и адаптироваться к новым условиям [40]. Работники должны при использовании систем искусственного интеллекта соблюдать правила обработки информации, чтобы предотвратить возможные нарушения и избежать утечки конфиденциальных данных. Использование этих систем потребует разработки новых объективных критериев оценки производительности. При этом необходимо поощрять достижение работниками целей в области освоения навыков по взаимодействию с системами искусственного интеллекта.

Инфраструктурные ресурсы использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве могут включать хранилища госоператора больших данных или цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, инфраструктуру сети Интернет сельских территорий, серверы организаций сельского хозяйства и другие объекты.

Важным фактором, оказывающим влияние на эффективность использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, являются генераторы ресурса. Это технологии или процессы, которые позволяют создавать новые ресурсы или повышать эффективность использования имеющихся в организациях сельского хозяйства и органах управления отраслью.

К генераторам ресурса можно отнести, прежде всего, информационные ресурсы, которые представляют собой наборы данных или больших данных об объектах сельскохозяйственного производства и управления отраслью. Большие данные представляют собой наборы структурированной и неструктурированной информации, которая может быть использована для выявления тенденций развития сельского хозяйства, для оптимизации бизнес-процессов, повышения эффективности использования ресурсов и т.д. Однако, для того чтобы наборы данных стали генератором ресурсов и способствовали повышению эффективности внедрения и использования систем искусственного интеллекта, ими необходимо управлять. Это предполагает обновление данных, их хранение, обработку и анализ, а также создание мер по защите, в том числе недопущения потери личных и конфиденциальных данных. Создание наборов данных (больших

данных) возможно на основе госоператора больших данных или на основе цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов.

Организациями сельского хозяйства и органами управления отраслью используется довольно широкий спектр программного обеспечения. Компьютерные программы позволяют оптимизировать бизнес-процессы, автоматизировать выполнение рутинных операций, повышать производительность на рабочих местах, их использование может упростить планирование и т.д. Эти программы позволяют создавать ценность, становясь генераторами ресурсов. Вместе с тем, чтобы программные комплексы становились генераторами ресурса для повышения эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, необходимо выполнить ряд условий. Прежде всего, необходимо учитывать такие аспекты, как правильность выбора программного обеспечения, его настройка, степень интеграции в бизнес-процессы. Далее необходимо провести подготовку и повышение квалификации работников, которые будут использовать эти компьютерные программы. Наконец, необходимо осуществлять поддержку и обновление программного обеспечения. Игнорирование этих условий приведет к тому, что внедрение программного обеспечения может стать разовой операцией.

В настоящее время в сельском хозяйстве довольно широко используется робототехника [175]. Важным достоинством робототехники как генератора ресурсов использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является возможность автоматизированного сбора данных. Это позволяет снизить количество ошибок при составлении наборов данных, повысить эффективность этого процесса, в том числе собирать данные в круглосуточном режиме. Условием того, чтобы робототехника могла выступить в качестве генератора ресурсов, является наличие достаточного количества сенсоров, которые получают данные из внешней среды об объектах сельскохозяйственного производства.

Интернет вещей (IoT) «представляет собой совокупность устройств и датчиков, подключенных к сети Интернет, инструментов для сбора и хранения данных в режиме реального времени, средств обработки и представления этих

данных в полезные сведения и их предоставления пользователям с помощью соответствующих интерфейсов» [177]. Наибольший интерес в научной литературе по аграрной тематике вызывает применение технологий IoT для создания умных окружающих сред (умное поле, умная ферма) и интеллектуальных сред для сбора данных в реальном времени. Для того, чтобы интернет вещей мог стать генератором ресурса для внедрения систем искусственного интеллекта, необходимо обеспечить сбор и передачу данных от объектов сельскохозяйственного производства к местам хранения и обработки данных. Для этого необходимо создать соответствующую инфраструктуру, прежде всего, обеспечить надежное покрытие всех объектов территории хозяйств сетью Интернет.

Дополненная реальность представляет собой технологию, которая позволяет объединить виртуальные и реальные объекты, информацию с реальным окружением, создавая таким образом новый контекст взаимодействия пользователя с окружающим миром. Дополненная реальность может стать генератором ресурсов для применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Эти системы могут получать данные (картинку) от работника через очки дополненной реальности, анализировать ситуацию и предлагать пользователю оптимальный вариант действий. При этом дополненная реальность с элементами искусственного интеллекта может быть использована в процессе обучения работников сельского хозяйства, так и в производственной среде (к примеру, при ремонте техники, особенно дорогостоящей).

Блокчейн представляет собой технологию распределенного реестра, которая имеет высокий потенциал применения в сельском хозяйстве. Применение этой технологии в отрасли позволяет повысить прозрачность операций, оптимизировать сложные бизнес-процессы, прежде всего цепочки поставок, защитить персональные данные. Блокчейн как генератор ресурсов для применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может быть использован как безопасный и прозрачный способ обмена данными между участниками, например, субъектом хозяйствования и органами управления.

Блокчейн может служить в качестве доверенного реестра данных, где участники могут проверять и подтверждать подлинность данных, давать согласие на «использование своих данных для обучения систем искусственного интеллекта и т.д. Блокчейн позволяет отслеживать изменения в моделях искусственного интеллекта, что особенно важно при их обучении. Однако следует заметить, что процесс внедрения блокчейна в системы искусственного интеллекта» [177] довольно сложен, что требует дополнительной квалификации.

Методический инструментарий внедрения и оценки эффективности использования систем искусственного интеллекта имеет ключевое значение для активизации деятельности по внедрению этих систем в сельском хозяйстве. Применение данного инструментария позволяет обосновать приоритетность внедрения систем искусственного интеллекта в конкретных отраслях сельского хозяйства. Это позволяет органам управления отраслью и субъектам хозяйствования обоснованные решения о государственной поддержке внедрения и реализации соответствующих инвестиционных проектов [120, 121]. Методика определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта позволяет выполнить оценку условий для применения этих систем. Методика оценки деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства обозначить измеримые ориентиры в этом направлении. Методика оценки экономической эффективности применением систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет определить эффективность данной деятельности, что позволяет оптимизировать использование соответствующих ресурсов. Таким образом, методический инструментарий внедрения и оценки эффективности использования систем искусственного интеллекта является основополагающим элементом развития, интенсификации внедрения и использования этих систем в отрасли.

ГЛАВА 4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

4.1 Оценка ожиданий, готовность и использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Среднего Урала

Важную задачу составляет оценка деятельности организаций сельского хозяйства по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта. Однако в настоящее время отсутствует официальная статистика, целенаправленный и систематизированный сбор информации по данным вопросам органами статистики и органами управления сельским хозяйством [149;257]. Кроме того, весьма слабо разработаны методический инструментарий и критерии и отсутствуют индикаторы того, что следует относить к системам искусственного интеллекта отраслевого применения.

Данная проблема усложняется тем, что эти системы зачастую применяются в составе каких-либо комплексов, агрегатов, устройств [249]. К ним следует относить автоматизированные доильные установки (роботы), технику по дифференцированному опрыскиванию сорняков, дифференцированному внесению удобрений, дифференцированному поливу, различные электронные базы данных о производственных процессах с элементами искусственного интеллекта, программы по мониторингу состояния здоровья животных и т.д. Многие виды современной техники – зарубежного производства [42], при этом производители не раскрывают состав их программного обеспечения, что подчас не позволяет однозначно делать вывод об использованных системах искусственного интеллекта [256].

В связи с этим считаем целесообразным выполнение такой оценки путем опроса руководителей и специалистов организаций сельского хозяйства одного из ведущих регионов РФ – Свердловской области. Данная оценка включает оценку выделения приоритетных областей применения этих систем, готовности субъектов хозяйствования предпринимать и реализовать действия по внедрению

систем искусственного интеллекта, выявление факторов, препятствующих данной деятельности, определение мер по их устранению и т.д. В данном опросе «приняли участие руководители и ведущие специалисты 55 организаций сельского хозяйства Среднего Урала, определенных методом случайной выборки из общего числа 246 хозяйств региона, то есть 22,4% общего их количества. Средний возраст опрошиваемых – 48 лет, из них 87,3% – мужчины, 12,7% – женщины. Большинство (76,4%) опрошенных имеют высшее образование, в том числе 12,7% – закончили бакалавриат, 9,1% – магистрату, один человек имеет ученую степень кандидата наук. Из общего числа организаций, задействованных в исследовании, по количеству персонала 38,2 % можно отнести в соответствии российским законодательством к микробизнесу, 12,7 % – к малому бизнесу (с количеством сотрудников до 16 до 100 чел.), 22,5 % организаций – к среднему бизнесу (с количеством работников от 101 до 250 чел.), 23,6 % – к крупному предпринимательству (с количеством работников более 250 чел.)» [163]. В выборке представлены все основные группы хозяйствующих субъектов, что позволяет считать ее репрезентативной.

«Прежде всего, представляет интерес выявление приоритетных областей применения систем искусственного интеллекта с точки зрения руководителей и ведущих специалистов организаций сельского хозяйства» [163]. Выявление таковых осуществлено путем их опроса. При этом респондентам было предложено также указать приоритетные, с их точки зрения, области применения систем искусственного интеллекта, которые не относятся к предложенным группам. Однако таковых респонденты не указали (рисунок 23).

Наиболее приоритетной областью применения систем искусственного интеллекта, по мнению респондентов, является прогнозирование продуктивности животных (26,0%). Значительной приоритетностью обладают системы «искусственного интеллекта, которые позволяют идентифицировать животных и классифицировать их поведение, определять физиологическое состояние и эструс (18,5%).

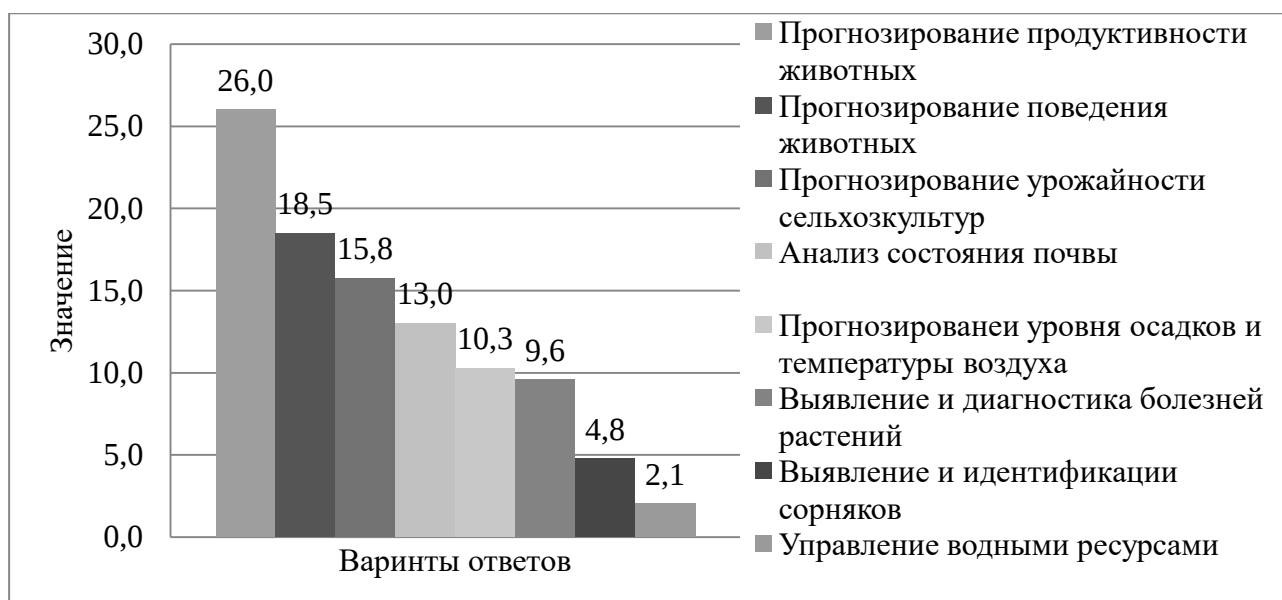


Рисунок 23 – Приоритетные области применения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства (на примере Свердловской области), %

Источник: разработано автором [163].

Весьма приоритетными областями применения систем искусственного интеллекта являются прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, анализ состояния почвы и т.д. Можно предположить, что в регионах, специализирующихся на производстве зерновых культур, овощей или фруктов, больший интерес представляют системы искусственного интеллекта, направленные на диагностирование болезней растений, обнаружение сорняков и т.д.» [163]. В засушливых регионах, очевидно, наибольший интерес представляют системы искусственного интеллекта, осуществляющие управление водными ресурсами и т.д.

Можно дать краткую характеристику наиболее актуальным в настоящее время в регионе направлениям использования систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Это, прежде всего, доение крупного рогатого скота [156; 164; 165]. Зачастую эти системы используются в составе доильных роботов [171; 185; 186]. Данная техническая система включает несколько узлов, в том числе руку-манипулятор с доильными стаканами, блок управления, устройство для подачи корма-приманки и др. [64]. Робот по доению оснащен

датчиками, позволяющими определять местоположение вымени коровы, направления сосков и пр. В роботах последнего поколения (4-е поколение роботов компании DeLaval VMS™ V310 [47]) применяются также трехмерные камеры, которые используют компьютерное зрение. Они определяют местоположение сосков в режиме реального времени. Данная техники позволяет повышать до 99,8% надежность присоединения доильных стаканов к соскам, повышая тем самым эффективность процесса доения. Общее количество таких роботов с системами компьютерного (машинного) зрения в Свердловской области – 6 единиц.

Следует заметить, что в организациях сельского хозяйства Свердловской области используется робототехника [99; 148; 155; 158; 174], по состоянию на 1 июля 2023 г. работало более 50 доильных роботов. Можно привести сравнительную оценку доильного робота с лазером и доильного робота с компьютерным (машинным) зрением, применяемых в хозяйствах Свердловской области (таблица 28).

Таблица 28 – Сравнительная оценка доильного робота с лазером и доильного робота с компьютерным (машинным) зрением, применяемых в хозяйствах Свердловской области

Показатель	Доильный робот с позиционированием манипулятора лазером DeLaval VMS	Доильный робот с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением DeLaval VMS™ V310
Стоимость доильного робота, млн руб.	19,0	21,0
Количество скота, гол.	110	110
Надежность присоединения доильных стаканов к соскам, %	96,6	99,8
Средняя интенсивность молоковыведения в целом за доение, кг/мин	2,01±0,80	2,1±0,80
Продуктивность, кг	8611,1	9644,3
Валовое производство, ц	9472,2	10608,7

Продолжение таблицы 28

Показатель	Доильный робот с позиционированием манипулятора лазером DeLaval VMS	Доильный робот с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением DeLaval VMS™ V310
Товарность, %	94,3	95,2
Реализовано молока, ц	8932,3	10099,5
Фактическая жирность молока, %	3,70	3,77
Зачетный вес молока жирностью 3,5%, ц	9442,7	10878,1
Цена реализации молока, руб./ц	3465,0	3465,0
Себестоимость молока, руб./ц	2298,0	2305,0
Себестоимость реализованного молока, руб./ц	205264,1	232793,7
Выручка, тыс. руб.	327189,6	376926,2
Прибыль от реализации продукции, тыс. руб.	121925,4	144132,4
Экономический эффект, тыс. руб.	-	22207,0
Рентабельность молока, %	59,40	61,91

Источник: разработано автором

Доильный робот с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением позволяет улучшать подготовку вымени к доению и качество процесса доения по сравнению с роботом с позиционированием манипулятора лазером. Применение первого позволяет оптимизировать этот процесс. Дело в том, что качество доения связано с выделением гормона окситоцина, который способствует отдаче молока [103; 104]. При этом надежность присоединения доильных стаканов к соскам повышается до 99,8%. Сокращается время на присоединение доильных стаканов в среднем на 60 с по сравнению с роботом с позиционированием манипулятора лазером. Это позволяет существенно повышать продуктивность животных (до 9644,3 кг). При этом также повышается товарность молока до 95,2% и жирность – до 3,77% за счет подготовки к процессу доения. Применение доильного робота с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением позволяет повышать рентабельность до 61,9%, что на 2,5 процентного пункта

больше, чем при использовании робота с позиционированием манипулятора лазером.

В последние годы в регионе получили распространение комбайны с автоматизированным управлением, или так называемые беспилотные комбайны по уборке зерновых культур [68]. По данным компании «Cognitive Agro Pilot» (дочерняя структура ПАО «Сбербанк»), всего в 2020 г. было поставлено в РФ в организации сельского хозяйства 350 таких комбайнов. В таком комбайне интеллектуальная система «анализирует поступающие с видеокамеры изображения и при помощи нейронной сети глубокого обучения определяет типы и положения объектов по ходу движения техники, строит траектории ее движения и передает необходимые команды для выполнения маневров на исполнительные механизмы» [236]. Применение этой системы позволяет оптимизировать мощность двигателя в зависимости от нагрузки, тем самым экономить топливо.

В сельском хозяйстве региона используется также другая техника с автоматическим управлением на основе систем искусственного интеллекта. Это нейросетевой вычислитель для беспилотных тракторов и комбайнов [34]. Производитель – НПО «Автоматика». Для управления им используется комплекс ГНСС с инерциальной системой, а для обнаружения препятствий применяется компьютерное (машинное) зрение на основе нейронных сетей. Использование компьютерного (машинного) зрения позволяет своевременно обнаруживать препятствия на пути следования техники и выполнять (без участия человека) действия по предотвращению столкновений с объектами по пути следования. В настоящее время данная система успешно применяется в автоматической технике для управления подвижными объектами. Этими системами искусственного интеллекта в России оснащено около 65 комбайнов. В Свердловской области задействовано 2 этих комбайна. В таблице 29 представлена сравнительная оценка эффективности применения комбайна TORUM-750 (производства ООО «Комбайновые завод «Ростсельмаш») с автоматизированным управлением на основе компьютерного (машинного) зрения (производство НПО «Автоматика») и комбайна без этих устройств.

Таблица 29 – Сравнительная оценка зерноуборочного комбайна TORUM-750 с автоматизированным управлением (компьютерным зрением) и без него

Показатель	Зерноуборочный комбайн TORUM-750	Зерноуборочный комбайн TORUM-750 с автоматизированным управлением на основе компьютерного (машинного) зрения
Продолжительность уборочной компании, дней	24	24
Намолот зерна на комбайн за день, ц	685	753
Валовой сбор зерна, ц	16440	18072
Урожайность зерновых, ц/га	27,4	27,4
Уборочная площадь зерновых в расчете на 1 зерноуборочный комбайн за сезон, га	600	660
Производительность труда, ц/чел.-ч	68,5	75,3
Расход топлива на 1 т намолоченного зерна, л/т	4,48	3,9
Себестоимость, руб./кг	9,4	8,7
Доля затрат в структуре себестоимости:		
ГСМ, %	13,0	10,5
амортизация, %	13,0	15,2
ремонт, %	10,0	8,1
Цена реализации зерна, руб./ц	11,64	11,64
Себестоимость реализованного зерна, тыс. руб.	15454	15723
Выручка от реализации зерна, тыс. руб.	19136	21036
Прибыль от реализации зерна, тыс. руб.	3683	5313
Рентабельность производства зерна, %	23,8	33,8

Источник: разработано автором

Из данных таблицы 29 видно, что применение зерноуборочного комбайна с автоматизированным управлением на основе компьютерного (машинного) зрения по сравнению с обычным комбайном той же марки позволяет повышать намолот зерна за день на 9,9%. Это дает возможность повышать уборочную площадь зерновых культур за сезон на 1 зерноуборочный комбайн до 660 га, или на 9,9%. Производительность труда при использовании автоматизированного управления с компьютерным (машинным) зрением возрастает до 75,3 ц в расчет на 1 чел.-ч. Это позволяет снизить расход топлива в расчете на 1 т намолоченного зерна на 13%, себестоимость производства 1 ц зерна – на 7,4% (до 8,7 руб./кг). Рентабельность

реализации зерна при этом повышается с 23,8% до 33,8%, или на 10,0 процентных пунктов.

В организациях сельского хозяйства региона применяется техника с элементами точного земледелия, в том числе по дифференцированному опрыскиванию сорняков, по дифференцированному внесению удобрений.

В процессе исследования было сделано 85 официальных запросов о количестве применяемых элементов точного земледелия в регионах РФ. Было получено 37 ответов на них. Согласно полученным данным, общее количество техники с элементами точного земледелия в регионах РФ составляет 14 157 ед. При этом к регионам с высоким уровнем внедрения элементов точного земледелия можно отнести Амурскую область (2 870 ед. техники), Республику Башкортостан (2 701 ед.), Тюменскую область (1 963 ед.), Орловскую область (1 700 ед.), Удмуртскую Республику (1 052), Ярославскую область (665 ед.), Республику Марий Эл (633 ед.), Калужскую область (582 ед.), Омскую область (549 ед.) и Свердловскую область (538 ед.) [171].

Так, по данным Министерства сельского хозяйства Калужской области, на конец 2020 г. в хозяйствах области применялась техника с дифференцированным опрыскиванием сорняков – 8 ед., внесением удобрений – 6 ед., посевом – 3 ед. (приложение 1).

В передовом хозяйстве Архангельской области ООО «Устьянская молочная компания» применяется техника с дифференцированным опрыскиванием сорняков – 1 ед., внесением удобрений – 4 ед., посевом – 4 ед. (приложение 2).

В целом в РФ по состоянию на 2020 г. использовалась техника с дифференцированным опрыскиванием сорняков – 210 ед., внесением удобрений – 120 ед., посевом – 218 ед., поливом – 7 ед. (рисунок 24).

Некоторые виды данной техники с элементами точного земледелия оснащены системами искусственного интеллекта. Так, опрыскиватель Hardi Ranger 2200 оснащен контроллером НС 5500, который представляет собой мощный компьютер.

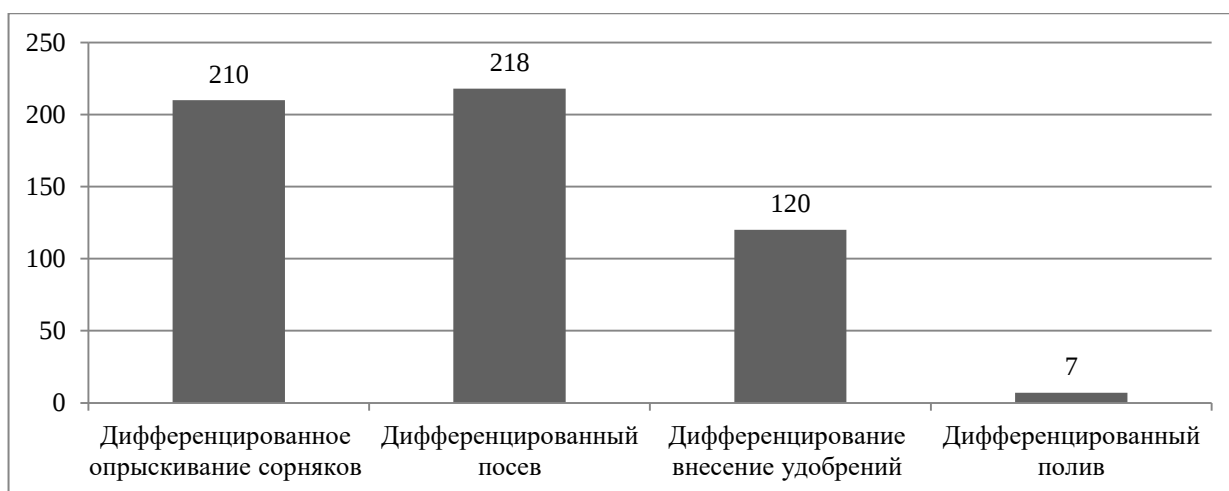


Рисунок 24 – Техника с дифференцированным опрыскиваем сорняков, посевом, внесением удобрений, поливом в РФ, ед.

Источник: разработано автором

«Это передовой компьютер с 98 регистрами записи данных и возможностью подсоединения систем картированного внесения пестицидов или различных сенсоров» [46]. Он позволяет собирать и предоставлять оператору большой объем информации о режимах работы опрыскивателя, в том числе о давлении воздуха, скорости движения устройства и т.д. Устройство имеет порты USB и адаптер WiFi, что позволяет обмениваться данными. Это упрощает отчетность по внесению действующего вещества, обеспечивает получение информации об этом.

Важное значение имеет определение ожидаемых выгод от «применения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Выявление ожиданий позволяет получить представление о намерениях и потребностях субъектов хозяйствования, сформировать реалистичные цели применения этих систем и выбрать наиболее подходящую стратегию и методы внедрения систем искусственного интеллекта» [194], избежать возможных ошибок, получить представление о потенциальных рисках и вызовах, связанных с внедрением этих систем в отрасли. Применение систем искусственного интеллекта осуществляется на тех участках производства, рабочих местах, процессах, где может быть получен желаемый и ожидаемый эффект. По мнению руководителей и ведущих специалистов организаций сельского хозяйства

Свердловской области, эти выгоды состоят в возможности увеличения производственных показателей (23,2% опрошенных), снижения основных видов расходуемых ресурсов (20,3%), оптимизации процессов, повышении производительности труда (17,4%) (рисунок 25).

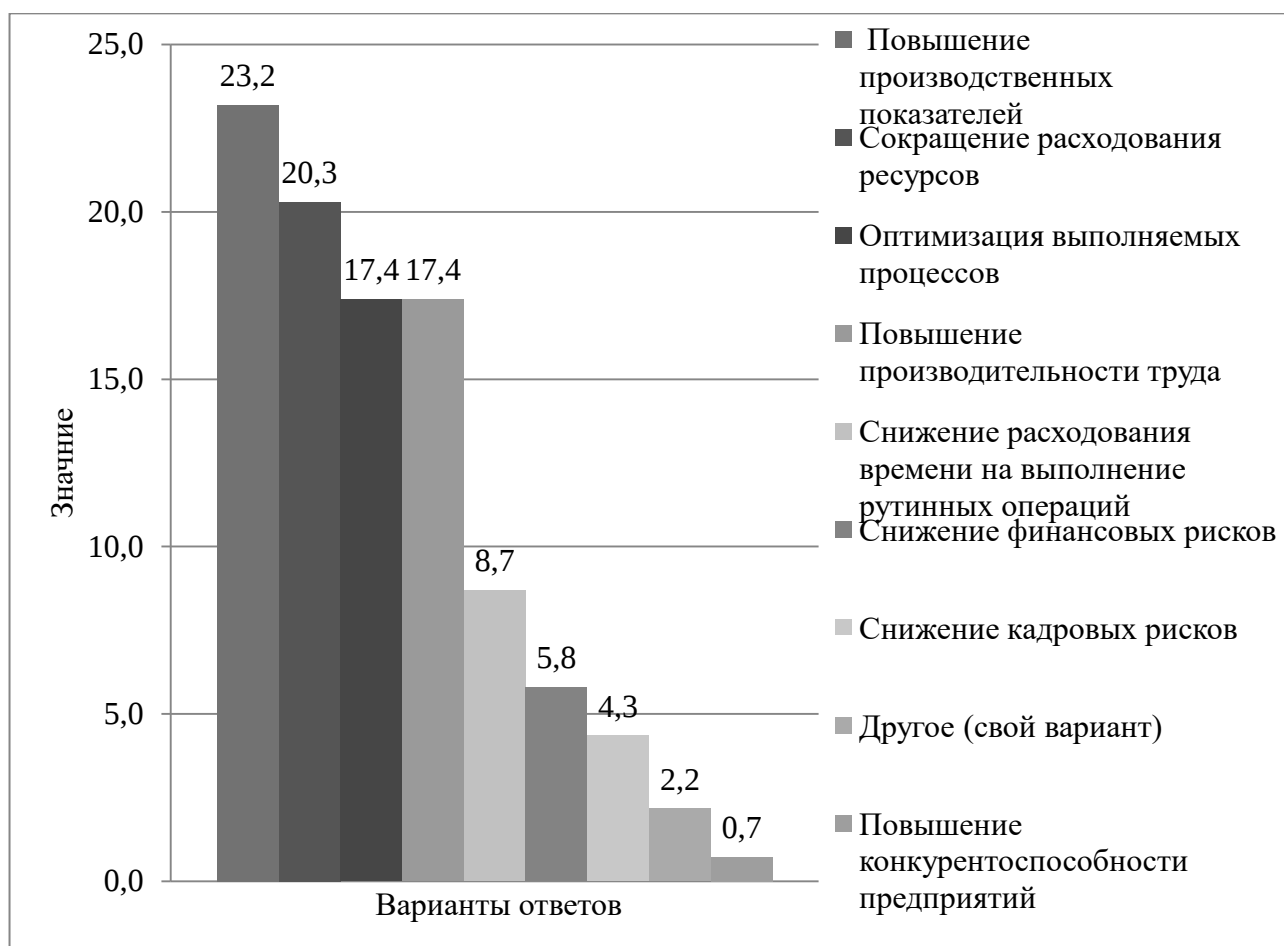


Рисунок 25 – Ожидаемые выгоды от применения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства, %

Источник: разработано автором [163].

По мнению многих специалистов в области применения систем искусственного интеллекта, их использование позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства. Однако определение величины роста эффективности в результате применения этих систем представляет весьма сложную задачу. Получить приблизительные оценки можно путем анкетирования руководителей и ведущих специалистов субъектов хозяйствования, что и было

сделано в процессе исследования (приложение 3). «Подавляющее большинство (65,5%) респондентов указали, что применение систем искусственного интеллекта может привести к повышению рентабельности производства. При этом существенная часть из них (23,6%) ожидают роста рентабельности производства в результате применения этих систем на 20% и более» [163]. Значительная часть (30,9%) опрошенных затрудняется с оценками возможных последствий применения данных систем. Это косвенным образом указывает на слабую осведомленность о данных системах и возможных выгодах от их применения. Незначительная доля респондентов (3,6%) считают, что применение этих систем не приведет к повышению рентабельности производства (рисунок 26).

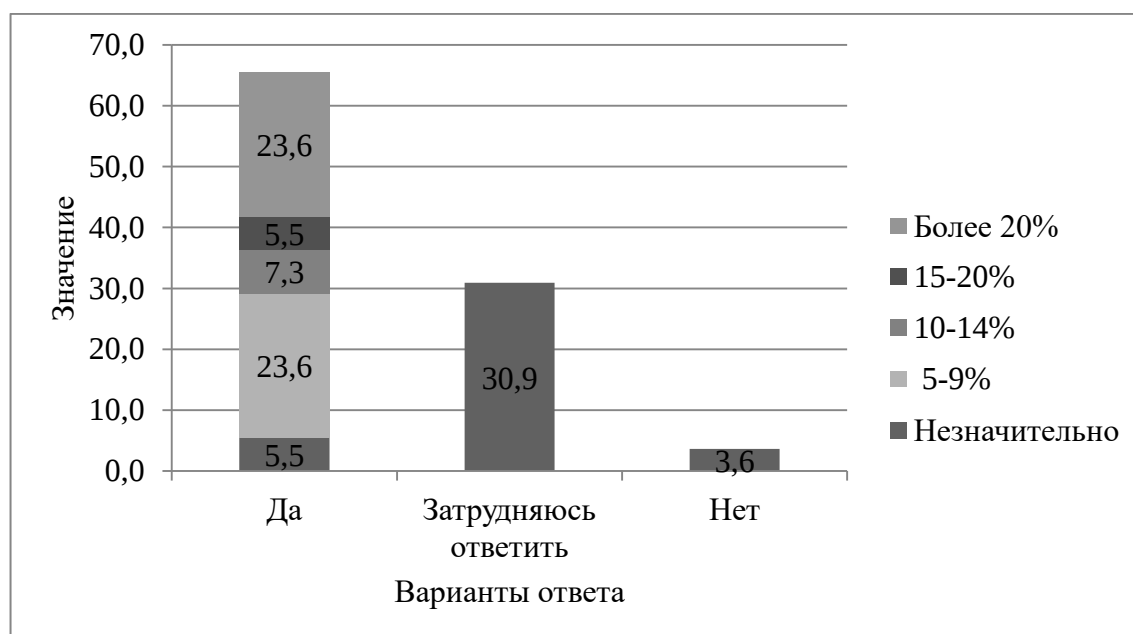


Рисунок 26 – Ожидаемое повышение рентабельности производства в результате применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, %

Источник: разработано автором [163].

На протяжении многих лет ведется дискуссия о последствиях применения систем искусственного интеллекта, об их влиянии на занятость населения. По оценкам экспертов, значительная доля рабочих в мире и в России может быть заменена этими системами и роботами уже в среднесрочной перспективе, т.е. до 2035 г. [268; 228]. В частности, М. Форд считает, что массовое применения

роботов и систем искусственного интеллекта приведет к значительному сокращению рабочих мест, что затронет в том числе и средний класс [248]. В то же время другие исследователи опровергают данные предположения, считая, что общее число рабочих мест может даже несколько увеличиться за счет [139] создания, программирования и обслуживания этих систем [227], а также других макроэкономических эффектов [62].

Весьма актуальными представляются оценки руководителей и ведущих специалистов организаций сельского хозяйства Свердловской области относительно ожидаемых последствий для занятости населения от применения систем искусственного интеллекта (рисунок 27).

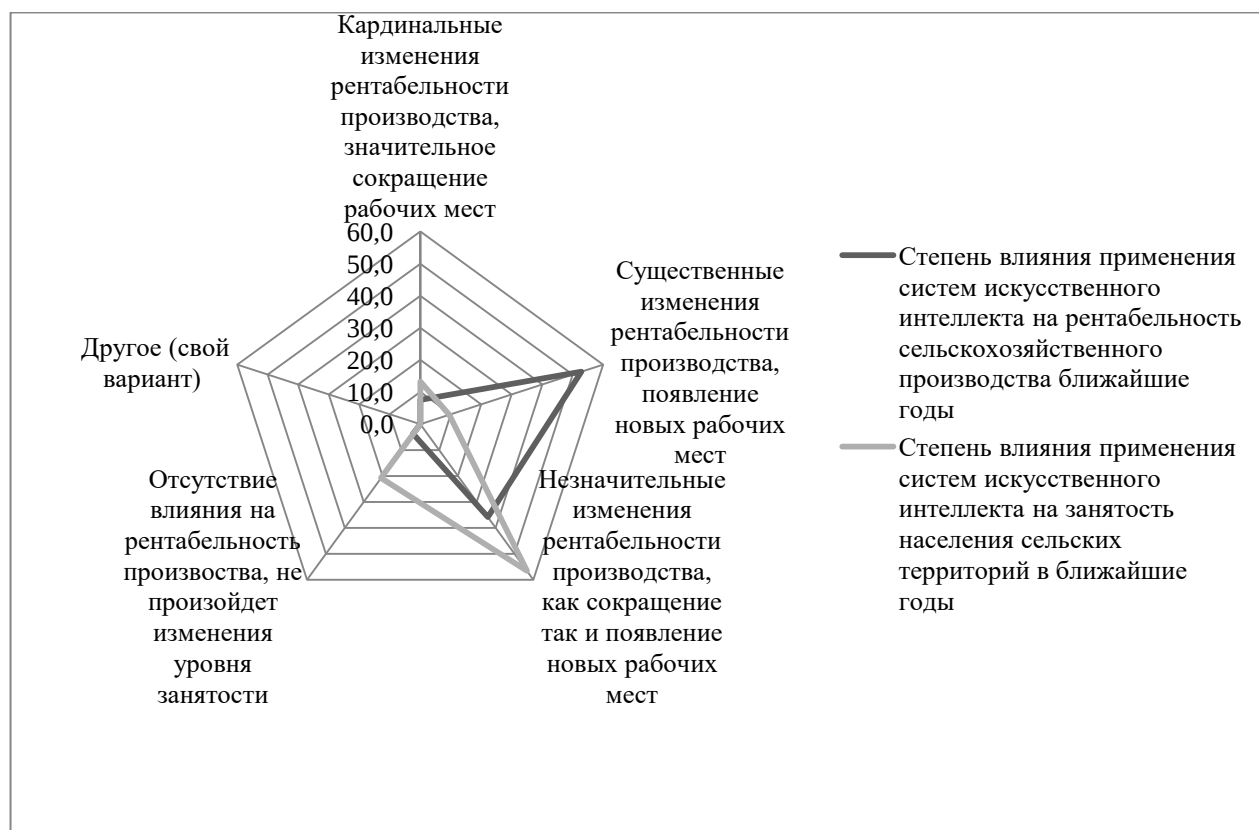


Рисунок 27 – Ожидания от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, %

Источник: разработано автором [163].

По мнению значительной части респондентов (52,8%), применение систем искусственного интеллекта окажет существенное влияние на развитие сельского хозяйства в ближайшее время. При этом существенная часть респондентов (56,6%) «считает, что применение систем искусственного интеллекта приведет к

сокращению численности занятости лиц, занятых низкоквалифицированным (ручным) трудом, однако позволит создать рабочие места в интеллектуальной сфере (программирование, анализ данных и т.д.). При этом лишь 9,4% респондентов считают, что применение систем искусственного интеллекта приведет к существенному росту безработицы на сельских территориях» [163].

В процессе исследования путем опроса выявлена оценка готовности организаций сельского хозяйства внедрять системы искусственного интеллекта. Анализ показал, что значительная часть руководителей и специалистов организаций сельского хозяйства (56,9 %) понимают необходимость применения данных систем, но имеют другие приоритеты. Часть респондентов (15,1%) указали, что не интересуются вопросами применения этих систем. Другая часть респондентов (15,1%) имеют понимание необходимости применения систем искусственного интеллекта, осуществляют поиск их поставщиков, сравнение систем. Незначительная доля респондентов (9,8 %) из числа обследованных организаций заявили о применении этих систем в настоящее время. При этом они имеют положительный опыт использования этих систем и планируют расширять их применение (рисунок 28).

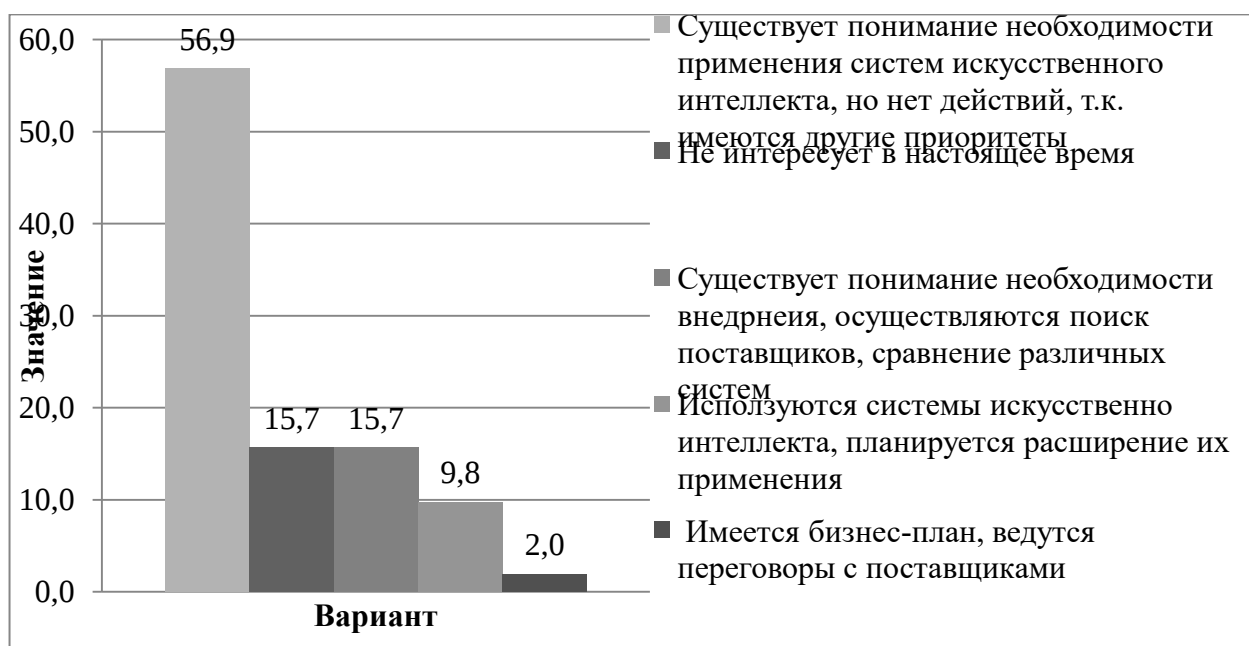


Рисунок 28 – Готовность субъектов хозяйствования предпринимать реальные действия по внедрению систем искусственного интеллекта, %

Источник: разработано автором [163].

Применение систем «искусственного интеллекта в сельском хозяйстве затруднено в связи с наличием факторов, препятствующих данной деятельности. Так, по оценке руководителей и ведущих специалистов организаций сельского хозяйства Свердловской области, основными факторами, препятствующими внедрению систем искусственного интеллекта, являются отсутствие необходимых денежных средств (26,2% всех ответов) и высокая стоимость» [163], чаще предполагаемая, этих систем (19,8%). Внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства препятствует также низкий уровень квалификации работников (16,7%).

Ряд респондентов указали, что ориентируются на традиционные технологии (9,5%), что отсутствуют поставщики систем искусственного интеллекта (2,4%), а также наличие других приоритетов (1,6 %). (рисунок 29).

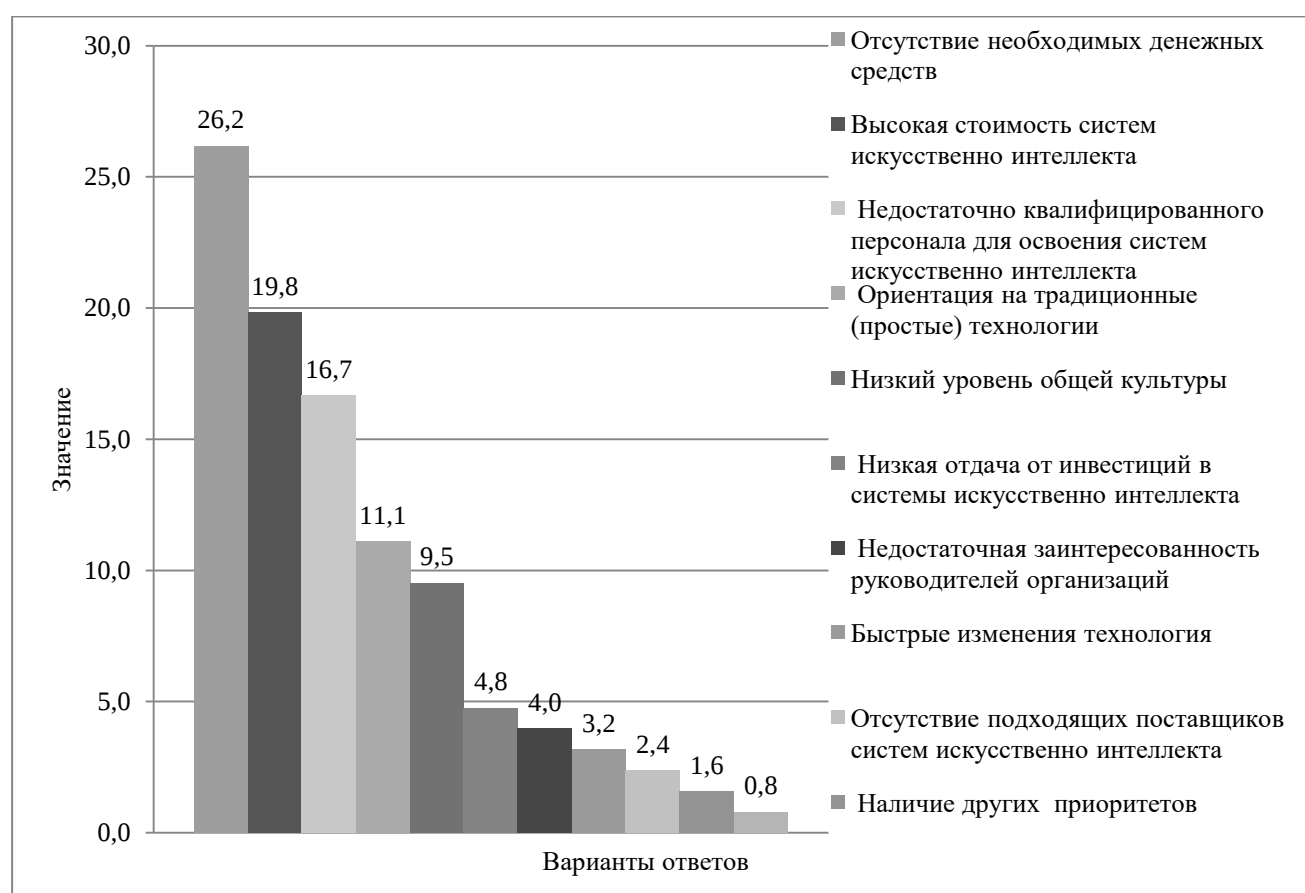


Рисунок 29 – Факторы, препятствующие внедрению систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства, %

Источник: разработано автором [163].

Некоторые респонденты (4,0%) заявили о низкой отдаче от инвестиций в системы искусственного интеллекта. Незначительная часть (2,4%) отметил, что испытывают сложности в выборе поставщиков данных систем. Преодоление указанных проблем возможно, по мнению респондентов, путем принятия ряда мер (рисунок 30).

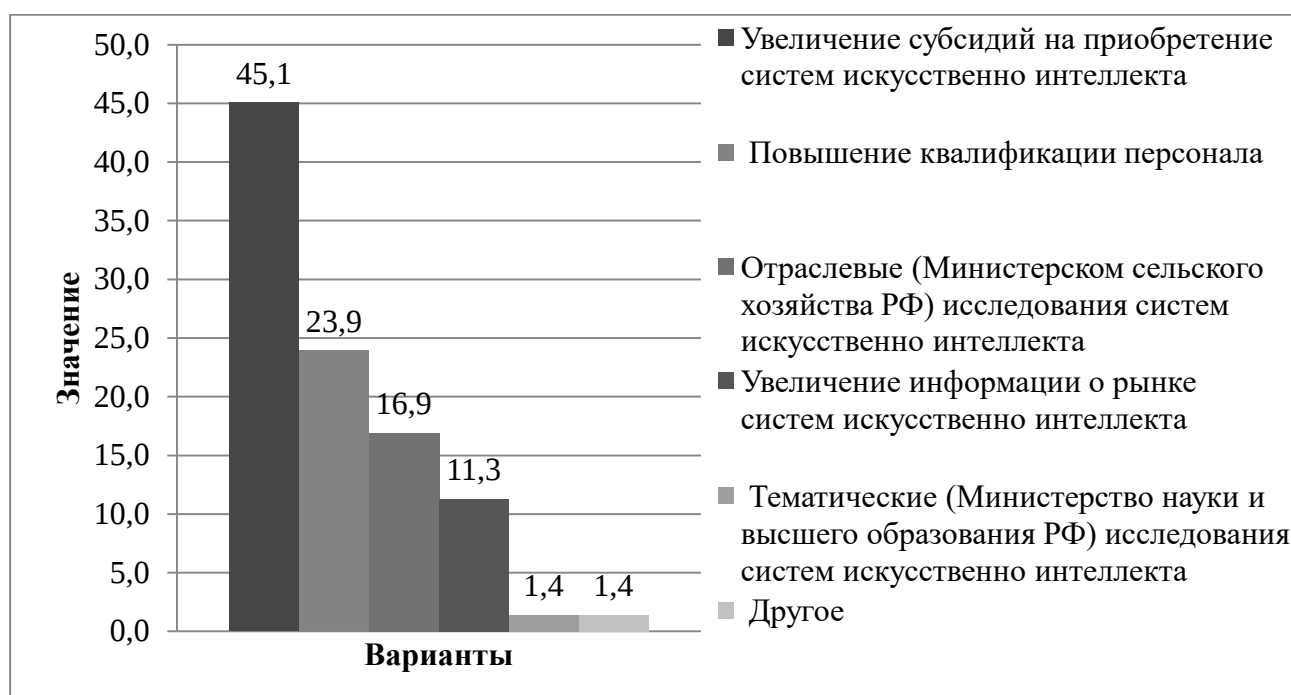


Рисунок 30 – Меры по преодолению проблем, сдерживающих применение систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства, %

Источник: разработано автором [163].

«Значительная доля (45,1%) опрошенных указала на необходимость совершенствования системы субсидирования данных мероприятий, увеличения объемов субсидий. Применение систем искусственного интеллекта требует подготовки и повышения квалификации работников в профильных учебных заведениях (23,9 % опрошенных). Для развития этих систем необходимы исследования в данной сфере, при этом большинство опрошенных отдали предпочтение в выполнении этой работы отраслевым научным организациям (16,9%), что, в свою очередь, может быть связано с необходимостью знания отраслевой специфики» [163].

Также респонденты отметили необходимость увеличения количества доступной информации об участниках рынка этих систем (11,3%).

Следует заметить, что основными производителями и поставщиками оборудования с системами искусственного интеллекта являются зарубежные компании [59]. К основным участникам рынка этого оборудования следует отнести компании Microsoft Corp., IBM Corp. (NITI Aayog), Agribotix LLC и др. По оценкам экспертов, рынок этих систем сильно фрагментирован, так как одни и те же компании поставляют аналогичные системы под разными названиями и по разным ценам. Среднегодовые темпы роста этого рынка в 2016–2019 гг. составили 4,2%. Ожидается, что рынок искусственного интеллекта в сельскохозяйственном секторе будет расти в ближайшие годы со средними темпами 12,8%. Крупными отечественными разработчиками и производителями систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства являются компании «Cognitive Agro Pilot» (ООО «Когнитив Роботикс», г. Москва) и НПО «Автоматика» (г. Екатеринбург). В целом по миру наибольшее количество систем искусственного интеллекта в последние годы было внедрено в сельском хозяйстве Северной Америки – США и Канады.

4.2. Формирование организационно-экономического механизма внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Эффективность деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве требует создания и использования специального механизма [182]. Это может быть организационно-экономический механизм. Его можно определить соответствующим образом. Организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – совокупность методов, процедур и инструментов, которые применяются органами исполнительной власти в деятельности по внедрению этих систем в отрасли, включающий блоки: организационно-управленческий, финансово-экономический, технико-

технологический, правовой, социальный, мотивационный, а также инструментарий прямого и косвенного воздействия, содержащий законодательные и регуляторные методы, методы планирования и прогнозирования, развития инфраструктуры, программно-целевого управления, бюджетного регулирования и субсидирования. В данный механизм следует включать организации сельского хозяйства, органы системы государственного управления сельским хозяйством (федеральные и региональные [192]), отраслевые союзы, организации, участвующие в производстве, внедрении и использовании систем искусственного интеллекта в организациях отрасли. Органы исполнительной власти непосредственно заинтересованы в повышении эффективности управления в результате применения систем искусственного интеллекта.

Организационно-экономический механизм включает набор методов, процедур, инструментов и регулятивных мероприятий, используемых для эффективного внедрения и применения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. К ним можно отнести инструментарий прямого и косвенного воздействия. Так, для активизации процесса внедрения данных систем федеральные и региональные органы исполнительной власти и отраслевые союзы должны использовать соответствующий инструментарий, включающий законодательные акты, целевые программы, гранты и премии, меры по развитию инфраструктуры, государственные заказы, выделение субсидий и дотаций.

Организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет управлять этой деятельностью. «Ее вполне разумно объединить в отдельные блоки по однородным видам деятельности, среди которых можно выделить:

- организационно-управленческий;
- финансово-экономический;
- технико-технологический;
- правовой;
- мотивационный;
- социальный» [40].

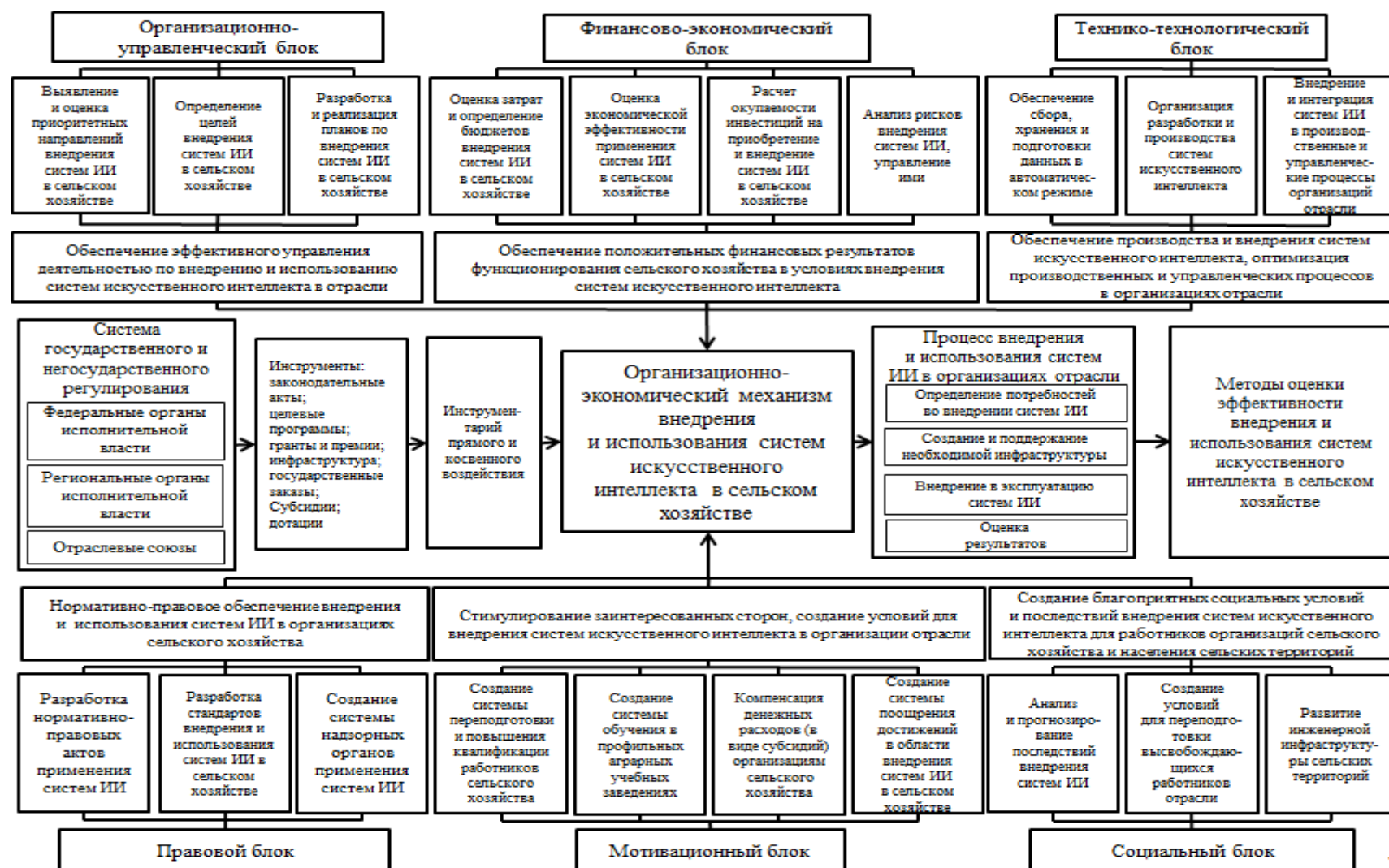


Рисунок 31 – Организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: разработано автором

Данные блоки представляют собой совокупности близких видов деятельности или функций управления, которые следует выполнять федеральным, региональным, муниципальным и иным органам, организациям сельского хозяйства и их отраслевым союзам (рисунок 31).

Организационно-управленческий блок является ключевым для достижения целей внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Функции данного блока:

- выявление и оценка наиболее приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;
- определение целей внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;
- разработка и реализация планов по внедрению систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство.

Реализация функций этого блока позволяет повышать эффективность деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в отрасли, обеспечивать координацию и управление этой деятельностью.

Финансово-экономический блок включает элементы, связанные с финансовыми и экономическими аспектами деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Его функции:

- оценка затрат и определение бюджетов внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве в соответствии с планами;
- оценка экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, включая оценку потенциальных эффектов, роста производительности труда, повышение качества жизни сельского населения и т.д.;
- расчет окупаемости инвестиций на приобретение и внедрение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;

– анализ рисков от внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство и управление ими, разработка мер по снижению этих рисков, их страхованию.

Реализация функций этого блока позволяет обеспечить положительные финансовые результаты функционирования сельского хозяйства в условиях внедрения и использования систем искусственного интеллекта.

Технико-технологический блок предназначен для непосредственного внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Он включает комплекс мероприятий и компонентов, направленных на интеграцию систем искусственного интеллекта в производственные и управленческие процессы организации сельского хозяйства. Его функции:

– подготовка качественных и структурированных данных, разработка и внедрение систем сбора, хранения и подготовки данных в автоматическом режиме без участия человека;

– организация разработки и производства систем искусственного интеллекта;

– интеграция разработанных систем искусственного интеллекта в производственные и управленческие процессы организаций сельского хозяйства;

– тестирование и оптимизация систем искусственного интеллекта, оценка эффективности их функционирования;

– мониторинг и обновление систем искусственного интеллекта, применяемых в организациях сельского хозяйства, в соответствии с изменяющимися условиями производства и эксплуатации.

Учет составляющих технико-технологического блока позволяет реализовать потенциал систем искусственного интеллекта для оптимизации производственных и управленческих процессов в организациях отрасли.

Правовой блок внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве охватывает набор правовых и регуляторных инструментов, обеспечивающих безопасное и ответственное их применение в отрасли. Этот блок

направлен на обеспечение требований законодательства, выполнение критериев ответственного и безопасного использования систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Его функции:

- разработка нормативно-правовых актов, устанавливающих правовой режим внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;
- разработка стандартов внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, включая безопасность и защиту персональных данных;
- создание системы надзорных органов, ответственных за осуществление нормативно-правового регулирования.

Высокие темпы развития систем искусственного интеллекта вызывают необходимость создания соответствующей законодательной и нормативно-правовой базы. В систему надзорных органов могут входить государственные органы власти (Министерство сельского хозяйства, Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций и пр.), профессиональные комитеты (комиссии, агентства и пр.), общественные организации (отраслевые союзы) и пр.

Учет составляющих правового блока позволяет формировать нормативно-правовое обеспечение внедрения и использования систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства.

Мотивационный блок представляет собой совокупность практик и подходов, направленных на стимулирование заинтересованных сторон процесса внедрения систем искусственного интеллекта в организации отрасли. Его функции:

- создание системы переподготовки и повышения квалификации работников сельского хозяйства;
- создание системы образования в профильных аграрных учебных заведениях, направленной на получение компетенций по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;

- компенсация денежных расходов (в виде субсидий) организаций сельского хозяйства, связанных с внедрением систем искусственного интеллекта;
- создание системы поощрения достижений (в виде почетных званий, наград) в области внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Основными целями мотивационного блока являются стимулирование заинтересованных сторон, создание условий для внедрения систем искусственного интеллекта в организациях отрасли.

Социальный блок ориентирован на объективный учет, улучшение социальных аспектов и последствий внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство. Его функции:

- повышение качества и уровня жизни населения сельских территорий в условиях внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственном производстве за счет снижения тяжести, напряженности, монотонности труда;
- анализ и прогнозирование последствий внедрения систем искусственного интеллекта;
- создание условий для переподготовки работников отрасли, высвобождающихся в результате внедрения средств автоматизации и систем искусственного интеллекта;
- развитие инженерной инфраструктуры сельских территорий в условиях применения систем искусственного интеллекта, повышение обеспеченности услугами связи, сети Интернет и пр.

Учет составляющих социального блока позволяет создать благоприятные социальные условия [292] и анализировать последствия внедрения и применения систем искусственного интеллекта для работников организаций сельского хозяйства и населения сельских территорий [293].

Успешное функционирование организационно-экономического механизма внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве предполагает обеспечение устойчивых связей между указанными

блоками и соответствующими им функциями, разумную последовательность их реализации.

К данному организационно-экономическому механизму следует предъявлять определенные требования, он должен:

- обеспечивать высокую активность организаций сельского хозяйства в деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта;
- обеспечивать учет интересов субъектов хозяйствования – организаций сельского хозяйства;
- обеспечивать эффективную государственную поддержку деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта;
- удовлетворять потребности организаций сельского хозяйства в кадрах, способных внедрять и использовать системы искусственного интеллекта;
- направлять деятельность организаций сельского хозяйства по внедрению систем искусственного интеллекта;
- удовлетворять потребности организаций сельского хозяйства в системах искусственного интеллекта и соответствующих технологиях;
- обеспечивать эффективное взаимодействие участников процесса внедрения и использования систем искусственного интеллекта.

Использование данного организационно-экономического механизма позволяет активизировать и повышать эффективность деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства.

Наиболее ответственный этап – внедрение систем искусственного интеллекта. Он состоит в создании необходимой инфраструктуры. Прежде всего, возможность использования систем искусственного интеллекта определяется наличием доступа к сети Интернет. Это связано с тем, что для эффективного функционирования этих систем необходимо обеспечить обмен данными со всеми объектами управления, который может быть осуществлен посредством сети Интернет. Объектами могут выступать расположенные на территории хозяйств удаленные животноводческие комплексы, а также техника, в том числе

беспилотные трактора и комбайны, использующие системы машинного зрения. Основой создания систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства является наличие наборов данных [37; 70]. Повышение доступности и качества данных является одной из задач Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ [209; 124]. К развитию инфраструктуры на коммерческой основе могут привлекаться информационные и телекоммуникационные компании (ИТ-компании). Особенность инфраструктуры внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство состоит в том, что субъекты хозяйствования представлены в основном мелкими или средними организациями. Это ограничивает возможности использования ими собственной инфраструктуры по причине недостаточности финансовых ресурсов и отсутствия необходимого оборудования, в том числе хранилищ данных, серверов и т.д. [125, 196]. В этих условиях ключевая роль по созданию и поддержанию инфраструктуры отводится органам исполнительной власти (Минцифры, Минсельхоз). Могут быть созданы региональные центры хранения данных о сельском хозяйстве в каждом регионе, которые могут использовать облачные хранилища данных или серверы. Они могут передавать накопленную информацию в единую цифровую платформу агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, которая может быть создана к 2030 г. Частные ИТ-компании также могут предоставлять инфраструктуру для хранения данных. Строительство мощностей для хранения данных в РФ (дата-центров) идет высокими темпами. В последнее время утверждены законы, направленные на развитие баз данных [2; 5]. Формирование наборов данных может осуществляться путем использования уже имеющихся в открытом доступе в сети Интернет баз данных. Однако их использование может давать некорректные результаты, поскольку эти базы данных созданы без учета местных (российских) условий хозяйствования. Базы данных для обучения систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства могут быть созданы вручную. Ведущую роль в этом процессе могут играть отраслевые научно-исследовательские организации.

«Процесс внедрения и использования систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства включает непосредственное создание систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Организации сельского хозяйства не располагают необходимым количеством подготовленных специалистов для создания систем искусственного интеллекта» [194]. В этих условиях необходимо обращаться к уже имеющимся на рынке аппаратным и программным продуктам. В условиях жестких внешнеэкономических ограничений (так называемых санкций) приоритет должен быть отдан отечественным компаниям. Ряд отечественных компаний разработали и успешно применяют технологические комплексы для обучения моделей искусственного интеллекта (платформа QIWI AI, платформа Сбербанка, Росбанка и др.), в том числе созданные на основе решений в открытом доступе (Open Source компонентов). Важнейшую роль в создании аппаратных решений для искусственного интеллекта должны сыграть отраслевые научно-исследовательские институты. Они могут адаптировать уже имеющиеся разработки для нужд отрасли. На данном этапе происходит непосредственный отбор наиболее подходящих систем, их адаптация и обучение для решения определенной задачи, тестирование и оценка точности. Отбор систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства должен осуществляться по принципу их наличия в открытом бесплатном доступе в сети Интернет или других источниках. При этом отбор наиболее подходящих систем может быть построен с учетом имеющихся исследований по применению конкретных алгоритмов и моделей искусственного интеллекта для нужд сельского хозяйства.

Обучение этих систем может происходить в зависимости от конкретных их характеристик и представляет собой предъявление обучаемой системе (к примеру, нейронной сети [245; 244]) выборки обучающих примеров (наборов данных). При этом исходные наборы данных разделяются на тренировочный набор данных и тестовый набор данных. На первом этапе каждый образец тренировочного набора данных подают на входы системы искусственного интеллекта (к примеру, нейронную сеть [243]), происходит его обработка внутри системы и вычисляется

ее выходной сигнал. На втором этапе происходит тестирование обученной системы искусственного интеллекта, которое производится по тестовому набору данных. Если ошибка выходного сигнала мала, то система считается обученной и готовой к использованию.

Затем осуществляется непосредственное внедрение систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства или в органах управления отраслью. Технологическая подготовка к внедрению систем искусственного интеллекта в организации начинается с оценки имеющихся ресурсов, приобретения необходимого оборудования [193]. Также этот этап включает проведение пусконаладочных работ, настройку аппаратного и программного обеспечения, анализ и предварительные испытания. Организационная подготовка включает в себя изменение внутренних бизнес-процессов и организационной структуры субъектов хозяйствования с учетом внедрения этих систем, как в организациях сельского хозяйства, так и в органах управления отраслью. Внедрение систем искусственного интеллекта потребует дополнительного обучения и переподготовки персонала, а также установления новых правил и процедур для работы с этими системами. Внедрение этих систем может быть связано с существенными финансовыми затратами. Для многих организаций сельского хозяйства это может создать дополнительные трудности, поскольку обеспеченность финансовыми ресурсами аграрного сектора экономики остается низкой. В этих условиях необходимо предусмотреть механизм государственной поддержки внедрения систем искусственного интеллекта в отрасли. Это может быть обеспечено за счет субсидирования произведенных затрат на внедрение этих систем.

Инструментарий обратной связи основан на мониторинге и определении эффективности применения систем искусственного интеллекта, используемых в сельском хозяйстве. На этом этапе производится установление метрик и критериев оценки, осуществляется непрерывный сбор информации и данных, а также принимаются меры по оптимизации работы этих систем в соответствии с выявленными проблемами. Основная цель мониторинга – обеспечить

непрерывную работоспособность систем искусственного интеллекта, а также выявить проблемы в процессе их использования. Создание новых наборов данных необходимо, чтобы система искусственного интеллекта, применяемая в сельском хозяйстве, не потеряла своей актуальности. По итогам мониторинга делаются выводы о направлениях оптимизации работы систем искусственного интеллекта, оптимизации бизнес-процессов и в конечном итоге принимаются решения по дальнейшему развитию и использованию этих систем в организациях сельского хозяйства или органах управления отраслью.

Организационно-экономический механизм внедрения систем искусственного интеллекта используется для оптимизации и улучшения бизнес-процессов, принятия решений и достижения конкурентных преимуществ в аграрном секторе экономики. Автоматизация процессов в производстве и управлении с применением систем искусственного интеллекта позволит автоматизировать повторяющиеся и рутинные задачи в сельском хозяйстве, что даст возможность работникам и специалистам сконцентрироваться на более сложных заданиях. Это приведет к повышению эффективности работы, снижению затрат и сокращению времени выполнения задач.

Организационно-экономический механизм внедрения систем искусственного интеллекта позволит организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью использовать преимущества этих систем для повышения эффективности аграрного производства, снижения затрат, улучшения качества продукции, что, в конечном итоге, приведет к повышению конкурентоспособности отрасли.

4.3. Сценарии внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Сценарий внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно определить как ориентир и комплекс мер со стороны государства [14; 138], направленных на поддержку и стимулирование развития

этих систем [15, 139]. Сценарии позволяют определять приоритетные направления деятельности по созданию и внедрению систем искусственного интеллекта, конкретизировать цели и задачи, а также разработать механизмы их реализации. Разработка и реализация сценариев внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может способствовать активизации их применения. Матрица возможных вариантов внедрения и использования представляет собой инструмент стратегического планирования, который используется для анализа и оценки возможных сценариев развития событий в будущем. Применение этого инструмента позволяет получить глубокое понимание возможных вариантов применения и может быть использовано для обоснования стратегических решений по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Реализация сценариев внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может содержать следующее:

- создание благоприятных условий, способствующих развитию и распространению этих систем;
- поддержку научных исследований и разработок, которые могут привести к созданию систем искусственного интеллекта отраслевого применения;
- создание условий для коммерциализации научных разработок в области систем искусственного интеллекта, что послужит росту их применения в субъектах хозяйствования;
- формирование системы аграрного образования, способствующей применению систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства;
- содействие привлечению инвестиций в исследовательские проекты и создание условий для развития малого и среднего бизнеса в сфере внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство;
- создание системы мониторинга и оценки эффективности деятельности по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Сценарии внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве предполагают рассмотрение нескольких вариантов данной

деятельности [119]. Реализация того или иного варианта внедрения и использования систем искусственного интеллекта во многом зависит от затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР). НИОКР является ключевым элементом процесса создания и внедрения этих систем, без финансовой поддержки этот процесс может быть затруднен или замедлен. Затраты на НИОКР могут включать расходы на: оплату труда ученых, занятых разработкой систем искусственного интеллекта, инженеров, разработчиков и других специалистов; закупку необходимого оборудования и материалов; проведение экспериментов и тестирование этих систем, а также на другие нужды, связанные с исследованиями и разработками. Важным фактором внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является технологическая позиция органов власти. На уровне государства она отражает общую стратегию и политику, направленную на развитие (или, наоборот, отказ от развития) применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Эта позиция состоит в особенностях научно-исследовательской деятельности, специфике подготовки кадров для отрасли с учетом применения этих систем, создании необходимой инфраструктуры, элементах развития самих систем искусственного интеллекта. В зависимости от сочетания уровней затрат на НИОКР и технологических позиций органов власти может быть реализован конкретный сценарий внедрения и использования отраслевых систем искусственного интеллекта. Основные направления внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно обобщить в соответствующей матрице сценариев.

В соответствии со сценарием «А» сельское хозяйство ориентируется на традиционные, простые технологии с минимальным проникновением (масштабом) систем искусственного интеллекта. Этот вариант предполагает низкий уровень финансирования разработок данных систем для сельского хозяйства. В рамках этого варианта возможно применение наиболее простых приложений с системами искусственного интеллекта зарубежного производства для некоторых отраслей сельского хозяйства (таблица 30).

Таблица 30 – Матрица сценариев внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве РФ

	Низкая технологическая позиция государства	Умеренная технологическая позиция государства	Высокая технологическая позиция государства
Высокий уровень активности организаций сельского хозяйства во внедрении систем искусственного интеллекта	В. Поддерживающий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Отсутствие отечественных разработок, внедрение систем ИИ, разработанных за рубежом. Высокие показатели применения систем ИИ в отдельных отраслях (4–5 отраслей) сельского хозяйства. Технологическая зависимость, высокая стоимость решений на основе ИИ. Информация собирается в автоматическом режиме (до 10%) на зарубежных серверах и хранилищах данных. Агрохолдинги самостоятельно готовят работников к взаимодействию с ИИ, в том числе за рубежом. Приняты отдельные нормативно-правовые документы в области применения систем ИИ. Средний уровень конкурентоспособности организаций сельского хозяйства	Е. Средний уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Копирование передовых решений на основе ИИ для сельского хозяйства. Значительная часть данных (до 20 % и выше) собирается в автоматическом режиме на платформе Госоператора больших данных. Наличие профильного НИИ по разработке систем ИИ для сельского хозяйства. Массовая разработка роботов с ИИ для ключевых отраслей сельского хозяйства на основе зарубежных аналогов. Все работники умеют взаимодействовать с системами ИИ. Разработана система нормативно-правовых актов в области применения систем ИИ. Высокая конкурентоспособность организаций сельского хозяйства	И. Кратное увеличение финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Технологическое лидерство по разработке и внедрению систем ИИ в сельское хозяйство. Значительная доля данных (25% и более) собирается в автоматическом режиме на платформе Госоператора больших данных. Поточная разработка роботов с ИИ и их применение в большинстве отраслей сельского хозяйства. Экспорт технологических решений на основе ИИ. Отечественные стандарты применения систем ИИ приняты за рубежом. Наличие нескольких инженерных школ по разработке систем ИИ и робототехники для сельского хозяйства. Высокая конкурентоспособность организаций сельского хозяйства
Средний уровень активности организаций сельского хозяйства во внедрении систем искусственного интеллекта	Б. Низкий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Применение систем ИИ в 2-3 ключевых, ориентированных на экспорт отраслях сельского хозяйства. Данные передаются в цифровом виде, часть из них собирается в автоматическом режиме (до 7%) и хранится на серверах организаций. Работники обучаются навыкам взаимодействия с ИИ в центрах компетенций. Ведутся разработки по нормативно-правовому регулированию их применения. Низкая конкурентоспособность организаций сельского хозяйства	Д. Поддерживающий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Функционирование единой цифровой платформы АПК. Данные (10 % и выше) собираются в автоматическом режиме. Высокие показатели развития 4–5 ключевых отраслей сельского хозяйства. Развитая система подготовки работников с компетенциями по взаимодействию с ИИ. Приняты отдельные нормативно-правовые документы в области применения систем ИИ. Средний уровень конкурентоспособности организаций сельского хозяйства	З. Кратное увеличение финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Поточная разработка систем ИИ для большинства отраслей сельского хозяйства. Значительная часть данных (до 20%) собирается в автоматическом режиме на платформе Госоператора больших данных. Разработка роботов с ИИ для ключевых (свыше 5) отраслей сельского хозяйства. Все студенты в отраслевых учебных заведениях имеют навыки работы с системами ИИ. Разработана система нормативно-правовых актов в области применения систем ИИ. Высокая конкурентоспособность организаций сельского хозяйства

Продолжение таблицы 30

	Низкая технологическая позиция государства	Умеренная технологическая позиция государства	Высокая технологическая позиция государства
Низкий уровень активности организаций сельского хозяйства во внедрении систем искусственного интеллекта	А. Низкий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Ориентация на традиционные технологии сельскохозяйственного производства, утрата компетенций в развитии систем ИИ. Применение наиболее простых приложений зарубежного производства с системами ИИ для некоторых отраслей сельского хозяйства. Значительная часть данных собирается в бумажном виде с последующей оцифровкой. Незначительная часть (до 25%) работников отрасли имеет навыки взаимодействия с системами ИИ. Отсутствует нормативно-правовое регулирование деятельности по применению систем ИИ. Низкая конкурентоспособность отечественных организаций сельского хозяйства	Г. Низкий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Концентрация на теоретических разработках систем ИИ для отрасли. Незначительная часть данных (до 3%) собирается в автоматическом режиме и хранится на серверах организаций отрасли. В отраслевых учебных заведениях имеются дополнительные курсы по обучению взаимодействию с системами ИИ. Значительная часть (до 50%) работников отрасли имеет навыки взаимодействия с системами ИИ. Отсутствует нормативно-правовое регулирование деятельности по применению систем ИИ. Низкая конкурентоспособность отечественных организаций сельского хозяйства	Ж. Поддерживающий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Имеются отдельные разработки систем ИИ и роботов, созданных отраслевыми НИИ и вузами. Данные передаются в цифровом виде, часть из них (до 7%) собирается в автоматическом режиме. В некоторых отраслях применяются роботы с ИИ зарубежного производства, их производство частично локализовано в РФ. Все работники прошли повышение квалификации по взаимодействию с системами ИИ. Во всех отраслевых вузах студенты получают навыки взаимодействия с ИИ. Ведутся разработки по нормативно-правовому регулированию применения систем ИИ. Средний уровень конкурентоспособности отечественных организаций сельского хозяйства

Источник: разработано автором

При этом наибольшее их количество может быть использовано крупными организациями (агрохолдингами), которые имеют достаточно ресурсов для внедрения этих систем. При данном уровне развития инфраструктуры отсутствует автоматизированный сбор данных, значительная их часть собирается в бумажном виде с последующей оцифровкой. Нормативно-правовое регулирование деятельности по применению систем искусственного интеллекта отсутствует. Система подготовки кадров предполагает, что незначительная часть (до 25%) работников отрасли имеет навыки взаимодействия с этими системами. Реализация данного сценария будет означать снижение конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства.

Сценарий «Б» заключается в «рационализации» развития систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Это означает низкий уровень финансирования разработок этих систем и средний уровень

интенсивности НИОКР. Во многом это теоретические разработки, ведущиеся по отдельным направлениям (беспилотный комбайн, трактор и т.д.). В рамках данного сценария предполагается разработка и применение систем искусственного интеллекта в 2–3 ключевых подотраслях, ориентированных на экспорт. Развитие инфраструктуры допускает передачу данных в цифровом виде, часть из них собирается в автоматическом режиме (до 7%) и хранится на серверах организаций сельского хозяйства. Специфика подготовки работников предусматривает их обучение в центрах компетенций навыкам взаимодействия с системами искусственного интеллекта. Данная стратегия означает низкую конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства [162].

Сценарий «В» предполагает «копирование технологий у технологических лидеров» в области разработки систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Это означает поддерживающий уровень финансирования и высокий уровень интенсивности НИОКР, в том числе поддержание текущей деятельности в области разработок систем искусственного интеллекта. Данный сценарий предполагает отсутствие массовых отечественных разработок и внедрение систем искусственного интеллекта, разработанных за рубежом, т.е. догоняющее развитие в данной области. Этому соответствует широкое применение систем искусственного интеллекта в отдельных отраслях (4-5 отраслей) сельского хозяйства. Поддерживающее финансирование может привести к технологической зависимости, поскольку зарубежные разработки могут отличаться высокой стоимостью. Развитие инфраструктуры допускает сбор данных в автоматическом режиме (до 15%), однако значительная их часть может быть сосредоточена на серверах и хранилищах за рубежом и недоступна для отечественных пользователей. При отсутствии взвешенной государственной политики в области подготовки кадров может сложиться такая ситуация, что лишь крупные агрохолдинги смогут самостоятельно готовить работников к взаимодействию с системами искусственного интеллекта, в том числе за рубежом. Это предполагает принятие отдельных нормативно-правовых документов в области применения данных систем. Широкое применение зарубежных систем искусственного

интеллекта может обеспечить средний уровень конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства, т.е. по ряду товарных групп отечественная сельскохозяйственная продукция существенно опережает конкурентов, имеет рыночную долю, сопоставимую с долей в настоящее время.

Сценарий «Г» также предполагает «рационализм», основанный в том числе на низком уровне финансирования разработок систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. При этом финансовые ресурсы могут быть сосредоточены на теоретических разработках. Развитие инфраструктуры допускает, что незначительная часть данных (до 3%) может собираться в автоматическом режиме и храниться на серверах организаций. Подготовка кадров предусматривает, что в отраслевых учебных заведениях могут быть организованы дополнительные курсы по обучению взаимодействию с системами искусственного интеллекта. Значительная часть (до 50%) работников отрасли может иметь навыки взаимодействия с этими системами. В рамках данного сценария отсутствует нормативно-правовое регулирование деятельности по применению систем искусственного интеллекта в отрасли. Реализация его позволяет ожидать низкой конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства.

Сценарий «Д» предполагает поддерживающий уровень финансирования разработок систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Развитие инфраструктуры допускает функционирование единой цифровой платформы, где данные (10% и выше) собираются в автоматическом режиме. В рамках Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г. возможны высокие показатели применения этих систем в 4–5 ключевых отраслях сельского хозяйства. В некоторых производственных процессах применяются роботы с искусственным интеллектом зарубежного производства, и их производство частично локализовано в РФ. Возможно создание развитой системы подготовки работников с получением компетенций по взаимодействию с системами искусственного интеллекта. Это предполагает принятие отдельных нормативно-правовых документов в области применения систем искусственного

интеллекта в сельском хозяйстве, что позволит добиться среднего уровня конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства. В настоящее время применение систем искусственного интеллекта отечественного сельского хозяйства уже находится в рамках данной стратегии по ряду параметров.

Стратегия «Е» состоит в «следовании за лидером», предполагает кратное увеличение финансирования разработок систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Однако технологическая позиция на среднем уровне означает массовое копирование зарубежных передовых решений в области искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Развитие инфраструктуры допускает, что значительная часть данных (до 25% и выше) может быть собрана в автоматическом режиме на платформе госоператора больших данных. Значительные средства, выделяемые на НИОКР, могут позволить создать профильный НИИ по разработке систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Может вестись массовая разработка роботов с искусственным интеллектом на основе зарубежных аналогов для ключевых отраслей сельского хозяйства. Развитая система подготовки кадров позволяет провести обучение всех работников для получения навыков взаимодействия с этими системами. В рамках данного сценария может быть разработана система нормативно-правовых актов в области применения систем искусственного интеллекта. Реализация его позволит обеспечить высокую конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства. Это может найти выражение, прежде всего, в увеличении рыночной доли экспортируемой сельскохозяйственной продукции и появлении новых экспортируемых товаров.

Сценарий «Ж» также предусматривает поддерживающий уровень финансирования разработок систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства (текущий уровень). Однако высокая технологическая позиция предусматривает наличие отдельных разработок («рискового проекта») в области систем искусственного интеллекта и роботов отраслевыми НИИ и/или вузами. Развитие инфраструктуры допускает, что данные могут передаваться в цифровом виде, при этом часть из них (до 7%) может собираться в автоматическом режиме.

В некоторых производственных процессах применяются роботы с искусственным интеллектом зарубежного производства, и их производство частично локализовано в РФ. Все работники прошли повышение квалификации по взаимодействию с системами искусственного интеллекта. При этом во всех отраслевых вузах студенты получают навыки взаимодействия с этими системами. Предполагаются разработки нормативно-правового регулирования применения систем искусственного интеллекта. В рамках данного сценария возможен средний уровень конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства.

Сценарий «З» предполагает активный поиск направлений внедрения систем искусственного интеллекта и осуществление разработок в этой сфере. Это требует кратного увеличения финансирования разработок в области систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Затраты на науку в бюджете РФ растут, однако доля расходов на сельскохозяйственные науки неуклонно сокращается (их доля в общих расходах на науку достигла минимума в 2015 г. и составила 1,6% (в 1994 г. – 3,6%)). При этом объем расходов на проведение фундаментальных исследований в области сельского хозяйства составил 6,7 млрд р. Кратное увеличение расходов на исследования позволит реализовать поточную разработку систем искусственного интеллекта для большинства отраслей сельского хозяйства. Это означает, что значительная часть данных (до 20%) может быть собрана в автоматическом режиме на платформе госоператора больших данных. Предполагается разработка роботов с искусственным интеллектом для ключевых (свыше 5) отраслей сельского хозяйства. Эти направления могут быть определены с применением соответствующей методики [164]. Система подготовки кадров предусматривает, что все студенты в отраслевых учебных заведениях получают навыки работы с системами искусственного интеллекта. Разрабатывается система нормативно-правовых актов в области применения систем искусственного интеллекта. В результате может существенно повыситься конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства, увеличиться рыночная доля экспортируемой сельскохозяйственной продукции.

Сценарий «И» состоит в достижении лидерства в области разработки и применения систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства. Это предполагает кратное увеличение финансирования разработок этих систем и высокую технологическую позицию государства. Реализация данного сценария включает возможность экспорта технологических решений на основе искусственного интеллекта за рубеж. Развитие отечественной системы нормативно-правового регулирования может привести к принятию стандартов применения систем искусственного интеллекта в зарубежных странах (прежде всего, импортирующих отечественные решения на основе искусственного интеллекта). Массовое применение этих систем в отрасли позволит собирать значительную долю данных (25% и выше) в автоматическом режиме на платформе госоператора больших данных. В рамках данного сценария возможна поточная разработка роботов с искусственным интеллектом и их применение в большинстве отраслей сельского хозяйства. Предполагается наличие нескольких инженерных школ по разработке систем искусственного интеллекта и роботов для сельского хозяйства. Реализация данного сценария позволяет существенно повысить конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства.

Применение матрицы выбора сценариев внедрения и использования систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства позволит органам исполнительной власти выбрать оптимальную стратегию и политику, направленную на разработку и внедрение (или, наоборот, отказ) этих систем в отрасли[93; 108; 102].

На основе данных сценариев можно представить прогнозные сценарии внедрения и использования систем искусственного интеллекта для конкретного региона – Свердловской области. Для этого целесообразно использовать ориентиры стратегических направлений в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г., содержащиеся в распоряжении Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р. Также необходимо учитывать показатели развития систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, содержащиеся в «Стратегии в

области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Свердловской области» № 01-01-41/112 от 29 декабря 2022 г. (приложение 4) [10].

С учетом этого в процессе исследования разработаны два сценария внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Свердловской области – инерционный и инновационный, – содержащих результаты, к которым приведет реализация на практике организационно-экономического механизма их внедрения.

В таблице 31 представлены основные параметры состояния систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и прогноз их развития до 2030 г.

Таблица 31 – Прогноз применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Свердловской области до 2030 г.

Показатели	Единица измерения	2023 г.	Инерционный сценарий	Инновационный сценарий
Количество процессов в сельском хозяйстве, автоматизированных посредством систем искусственного интеллекта	ед.	-	2	5
Масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве	%	0,4	4,0	10,0
Масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в процессе уборки зерновых культур	%	0,3	2,6	7,9
Удельный вес данных, полученных организациями сельского хозяйства с применением систем искусственного интеллекта	%	-	10,0	25,0
Наличие в цифровом формате информации о сортах семян и саженцев сельскохозяйственных культур	%	-	50,0	100,0
Удельный вес генетической информации о племенных животных в цифровом формате	%	-	50,0	100,0
Прослеживаемость зерна и продуктов его переработки	%	-	50,0	100,0
Прослеживаемость оборота животноводческой продукции	%	-	50,0	100,0
Повышение квалификации работников предприятий агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов по образовательным программам, включающим программы освоения компетенций по системам искусственного интеллекта	чел. в год	-	100	500

Продолжение таблицы 31

Показатели	Единица измерения	2022.	Инер- ционный сценарий	Инно- вационный сценарий
Доля коров, при доении которых применяются автоматизированные установки с системами искусственного интеллекта	%	0,44	2,2	10,0
Рост продуктивности животных от применения систем искусственного интеллекта	%	-	5,0	12,5
Рост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве	%	-	12,0	18,5
Рост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта при уборке зерновых	%	-	1,8	5,4
Доля комбайнов с автоматизированным управлением	%	0,03	1,0	5,0
Количество применяемой техники с элементами точного земледелия	ед.	431	1000	3800

Источник: разработано автором

Инерционный сценарий менее предпочтителен. Согласно ему системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве будут некоторое время развиваться за счет имеющегося потенциала, но он постепенно будет снижаться. Это скажется отрицательно на развитии сельского хозяйства, его конкурентоспособности. Так, количество процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, автоматизированных посредством систем искусственного интеллекта, в соответствии с этим сценарием составит 2 ед., это – доение крупного рогатого скота и применение комбайнов с автоматизированным управлением. При этом масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве составит 4,0%, а в уборке зерновых культур – 2,6%. Удельный вес данных, полученных организациями сельского хозяйства с применением систем искусственного интеллекта, может составить 10,0%. Доля коров, при доении которых применяются автоматизированные установки с системами искусственного интеллекта, при текущих темпах внедрения составит 2,2 % к 2030 г. Это позволит обеспечить рост продуктивности животных от применения систем искусственного интеллекта 5,0%. При этом рост

производительности труда с применением систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве составит 12,0%.

Инновационный сценарий – приоритетный, его реализация предполагает активизацию деятельности организаций сельского хозяйства региона по внедрению систем искусственного интеллекта, адекватную государственную поддержку данной деятельности, использование для этого предлагаемого организационно-экономического механизма. При этом количество процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, автоматизированных посредством систем искусственного интеллекта, может увеличиться до 5 ед. К ним можно отнести (помимо доения крупного рогатого скота и применения комбайнов с автоматизированным управлением) применение систем искусственного интеллекта в дифференцированном опрыскивании, внесении удобрений, прогнозировании цен на сельскохозяйственную продукцию и другие процессы. Удельный вес данных, полученных организациями сельского хозяйства с применением систем искусственного интеллекта, возрастет до 25%. Доля коров, при доении которых применяются автоматизированные установки с системами искусственного интеллекта, при инновационных темпах внедрения составит 10,0% к 2030 г. При этом рост продуктивности животных от применения систем искусственного интеллекта составит 12,5%, а рост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве – 18,5%. Доля комбайнов с автоматизированным управлением может возрасти до 5,0% к 2030 г. Повышение квалификации работников предприятий агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов по образовательным программам, включающим программы освоения компетенций по системам искусственного интеллекта, может составить 500 чел. в год к 2030 г.

Реализация сценариев внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может находиться под влиянием ряда ограничений и возможностей [129] (таблица 32).

Дальнейшее внедрение и использование систем искусственного интеллекта в отрасли может быть связано с необходимостью кратного увеличения финансирования разработок в этой области.

Таблица 32 – SWOT-анализ применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Сильные стороны	Слабые стороны
Рост экономической эффективности производства, увеличение производительности труда в субъектах аграрного сектора экономики	Необходимость кратного увеличения финансирования разработок в области систем искусственного интеллекта
Снижение издержек производства в организациях сельского хозяйства, использующих эти системы	Необходимость наличия интеграции этих систем с уже используемым в организациях сельского хозяйства оборудованием и программами
Снижение доли рутинных операций на рабочем месте, появление профессий и рабочих мест, связанных с обслуживанием этих систем	Необходимость развития дорогостоящей инфраструктуры применения систем искусственного интеллекта и технических ресурсов
Повышение эффективности принятия управленческих решений, уровня информированности руководителей и специалистов	Возможное сопротивление работников внедрению этих систем, опасность потери конфиденциальных личных данных в результате несанкционированного доступа
Возможности	Угрозы
Создание дополнительных рабочих мест в высокотехнологичном секторе, в том числе в программировании, обслуживании систем искусственного интеллекта	Значительное отставание отечественных исследований в этой области от стран с развитой разработкой систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства
Значительный рост исследований по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, возможность их применения в различных направлениях	Недостаточная исследованность последствий применения систем искусственного интеллекта, в том числе социальных и этических аспектов
Технологические прорывы в области искусственного интеллекта, позволяющие расширить применение этих систем в сельском хозяйстве	Обучение студентов в отраслевых вузах и техникумах по устаревшим программам с недостатком компетенций в области применения систем искусственного интеллекта
Повышение конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства	Недостаточная разработанность нормативно-правового регулирования применения этих систем

Источник: разработано автором

Внедрение систем искусственного интеллекта требует наличия определенной инфраструктуры и технических ресурсов, таких как облачные сервисы, вычислительные мощности и др. Внедрение данных систем может

повлечь за собой риски для безопасности и конфиденциальности данных организаций сельского хозяйства [80]. Это требует оценки готовности организаций сельского хозяйства к обеспечению безопасности и конфиденциальности данных. Системы искусственного интеллекта могут обрабатывать большое количество конфиденциальной информации, такой как персональные данные работников и сведения об организации. Если эти данные не имеют соответствующей защиты от несанкционированного доступа, это может привести к утечке информации и нарушению конфиденциальности. Остаются неисследованными некоторые социальные и этические аспекты, такие как автоматизация рабочих мест и вопросы ответственности за возможные ошибки систем искусственного интеллекта.

Системы искусственного интеллекта требуют развития дорогостоящей инфраструктуры и применения технических ресурсов. Если организации отрасли не имеют устойчивого доступа к сети Интернет, то результаты работы системы могут быть неточными или неадекватными. Внедрение систем искусственного интеллекта требует наличия высококвалифицированных специалистов, таких как инженеры по машинному обучению и аналитики данных. Остаются неясными вопросы наличия таких специалистов на рынке труда и возможности их привлечения в отрасль.

К угрозам можно отнести необходимость интеграции с существующими системами. Внедрение системы искусственного интеллекта может потребовать интеграции с уже существующими системами и программами в организациях сельского хозяйства. Это может создавать сложности, если системы несовместимы или не имеют открытых интерфейсов для интеграции. Существуют проблемы с правовым регулированием: использование систем искусственного интеллекта может столкнуться с различными правовыми ограничениями и войти в противоречие со стандартами. Некоторые организации сельского хозяйства могут не иметь достаточных знаний о правовых аспектах внедрения систем искусственного интеллекта. Несмотря на значительные успехи в области искусственного интеллекта, эти системы все еще не достигли стадии зрелости.

Системы искусственного интеллекта могут давать ошибочные рекомендации или не учитывать некоторые факторы, что может повлечь за собой негативные последствия для сельскохозяйственного производства.

Таким образом, можно отметить следующие направления развития и последствия применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Прежде всего, следует отметить низкую информированность субъектов хозяйствования аграрного сектора экономики о возможностях и выгодах, которые могут быть получены при использовании этих систем. Значительная часть опрошенных респондентов из числа руководителей и главных специалистов организаций отрасли (30,9 %) испытывает затруднение при оценке возможных эффектов от применения систем искусственного интеллекта. Наиболее предпочтительное направление применения этих систем состоит в прогнозировании продуктивности животных (26,0%). При этом отдельные элементы систем искусственного интеллекта фактически применяются в животноводстве (при роботизированном доении коров) и растениеводстве (машинное зрение на зерноуборочных комбайнах). Анализ применения доильного робота с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением показал эффективность на 2,5 процентного пункта больше, чем при использовании робота с позиционированием манипулятора лазером. В результате опроса 23,6% респондентов заявили, что ожидают увеличения рентабельности на 20% и более в результате применения этих систем, что указывает на наличие завышенных ожиданий от их применения. Следует отметить, что масштаб внедрения систем искусственного интеллекта составляет лишь 0,4%, что вызывает необходимость разработки и реализации соответствующего организационно-экономического механизма активизации их применения. Этот механизм включает организационно-управленческий, финансово-экономический, технико-технологический, правовой, мотивационный и социальный блоки. Реализация данного механизма позволяет предложить матрицу сценариев внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве РФ. Также разработан инерционный и инновационный сценарии внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Свердловской области. В соответствии с инновационным сценарием рост продуктивности

животных от применения систем искусственного интеллекта составит 12,5%, а рост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве – 18,5%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Понятие «искусственный интеллект» зародилось в 40-х годах XX века и было связано с появлением первых электронно-вычислительных машин. В Советском Союзе исследования проблем искусственного интеллекта начались в конце 1950-х – начале 1960-х годов и как самостоятельное научное направление имели ряд этапов в своем развитии. На этапе зарождения (приблизительно с 1956 по 1970 г.) отмечаем создание первых экспертных систем, исследования в области перцептронов и многослойных нейронных сетей и т.д., не связанные напрямую с их применением в сельском хозяйстве. На втором этапе (условно с 1971 по 1991 г.) осуществлялись разработки для сельского хозяйства интеллектуальных роботов с системами искусственного интеллекта, экспертных систем, развивалась методология ситуационного управления на основе систем искусственного интеллекта. На третьем этапе (с 1992 по 2012 г.) в РФ происходило заметное снижение исследовательской активности в области систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства, однако началось коммерческое применение этих систем зарубежного производства в отрасли. На четвертом этапе (с 2012 г. по настоящее время) наблюдается прогресс в обучении сверточных нейронных сетей (сеть AlexNet). В целях регулирования этой деятельности принят Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», сформулирована «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г.».

2. При внедрении и использовании системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве следует учитывать отраслевую специфику: взаимодействие с живыми организмами; объектами, изменяющими свои характеристики с течением времени; наличие значительного количества неполных или поврежденных данных об объектах сельскохозяйственного производства. Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве рассматриваем как научное направление на стыке информатики и информационных технологий

(компьютерных наук); экономики сельского хозяйства; инженерных наук в сельском хозяйстве; специфических отраслевых наук (агрономия, ветеринария, зоотехния и пр.). Как техническую систему рассматриваем «системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве» как совокупность программных и аппаратных средств, находящихся в определенных связях и образующих целостность, направленных на решение задач аграрного производства и управления с эффективностью, сопоставимой или превосходящей эффективность деятельности человека. Понятие «системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве» включает в себя различные технологии, методы, модели и алгоритмы, объединенные в единую систему, способную решать более сложные задачи. К основным элементам такой системы относим исполнительную подсистему, интеллектуальный интерфейс, набор данных (больших данных), методы интеграции, облачные вычисления, устройства сбора данных, элементы хранения и обработки данных, инструменты тестирования системы, подсистему управления, органы действия.

3. Разработана концепция внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, включающая цель и задачи применения этих систем в отрасли, а также принципы внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Предложены инструменты внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство: законодательные, регуляторные, программно-целевые, развития инфраструктуры, государственные заказы, субсидии. Определены субъекты управления системами искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, объекты применения данных систем в сельском хозяйстве, предполагаемые результаты и эффекты.

4. Выявлены внешние факторы, влияющие на внедрение и использование систем искусственного интеллекта, находящиеся вне организаций сельского хозяйства. К внутренним факторам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве относятся те, которые непосредственно связаны с организациями сельского хозяйства и органами управления отраслью и их деятельностью. К ним относим наличие нормативно-правовой базы

регулирования внедрения и использования системам искусственного интеллекта в отрасли, подготовку в учебных заведениях разных уровней специалистов с навыками по взаимодействию с системами искусственного интеллекта, развитие инфраструктуры, обеспечивающей внедрение и использование систем искусственного интеллекта и др.

5. Исследование показало, что в БД Web of Science имеется 1924 публикации (на конец 2022 г.) с ключевыми словами «сельское хозяйство» и «искусственный интеллект». География исследований довольно широка, от промышленно развитых стран (США, Франция, Германия и др.) до стран, относящихся к преимущественно аграрным (Индонезия, Пакистан, Вьетнам и др.). К ведущим государственным научным организациям в данной сфере (БД Web of Science) относятся Тегеранский университет (Иран), Университет Тебриза (Иран), Университет Тон Дук Тханг (Вьетнам), Китайский сельскохозяйственный университет (Китай), Китайская академия наук (Китай), Министерство сельского хозяйства США и др. По исследованию применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве лидируют США и Китай. РФ имеет существенное отставание в области исследований по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

6. Выполнен анализ публикаций в БД Web of Science по вопросам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. В финальной выборке публикаций выявлено, что они направлены на «управление водными ресурсами» (18,1%), «прогнозирование урожайности» (17,5%), «анализ почв» (15,3%), «анализ финансово-экономических показателей» (13,3%), «прогнозирование поведения сельскохозяйственных животных» (9,0%), «выявление болезней растений» (8,2%), «уборку сельскохозяйственных культур» (5,6%), «борьбу с насекомыми-вредителями» (5,5%), «борьбу с сорняками» (4,3%), «функционирование сельскохозяйственной техники» (3,2%).

7. На основе анализа публикаций выполнена классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. В качестве основы для классификации использован ГОСТР 59277-2020 «Классификация систем

искусственного интеллекта». К основным вариантам классификации относим: «по областям применения», «по методам обработки информации», «по функциям контура управления», «по видам систем» «по сферам применения», «по уровню готовности к использованию», «по степени автономности», «по комплексности». Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет определять приоритетные направления развития, выделять наиболее значимые и перспективные области их применения, систематизировать ожидания, определять границы применимости этих систем.

8. Анкетирование руководителей и специалистов организаций сельского хозяйства Свердловской области показало низкую их информированность о системах искусственного интеллекта, слабую осведомленность о возможностях данных систем. Наибольшие ожидания субъектов хозяйствования от применения этих систем сфокусированы в области прогнозирования продуктивности животных (26,0%), идентификации и классификации поведения животных (18,5%). Существенная доля респондентов (65,5%) ожидают от применения систем искусственного интеллекта повышения рентабельности производства, из них 23,6% оценивают возможный рост рентабельности на 20% и более. В качестве основных препятствий респонденты указали отсутствие свободных денежных средств на приобретение данных систем (26,2%) и высокую стоимость внедрения систем (19,8%).

9. Разработана методология оценки деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, включающая методику определения приоритетных направлений внедрения данных систем, т.е. подотраслей сельского хозяйства с наибольшим значением доли рабочих мест с доступом к сети Интернет, наибольшей долей данных, получаемых автоматическим способом, наибольшим ожидаемым потенциальным экономическим эффектом от применения систем; методику определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта, построенную на экспертных оценках факторов, влияющих на внедрение этих систем; методику оценки деятельности по внедрению систем

искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства, включающую показатели ресурсоемкости внедрения систем, масштаб внедрения данных систем в организациях сельского хозяйства и др.; методику оценки экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Определены виды эффектов и затраты, связанные с применением систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Разработана система показателей экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

10. В ходе исследования установлено, что в Свердловской области в молочном животноводстве применяется 6 роботизированных доильных комплексов с системами искусственного интеллекта. Их использование позволяет повысить скорость и надежность присоединения доильных стаканов к соскам без участия человека. Это обеспечивает увеличение средней интенсивности молоковыведения за доение на 4,5%, при этом продуктивность увеличивается с 8611 кг до 9644 кг, или на 12,0%. Себестоимость производства молока на доильном роботе с позиционированием манипулятора системами искусственного интеллекта (компьютерным (машинным) зрением) выше на 0,3% и составляет 2305 рублей за центнер. При этом выручка от реализации возрастает на 15,2 %, а прибыль от реализации продукции на 18,2 % в сравнении с доильными роботами предыдущего поколения без систем искусственного интеллекта. Экономический эффект от применения доильного робота с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением составляет более 22 млн. рублей, а рентабельность производства молока увеличивается до 61,91 % или на 2,51 процентных пункта.

11. В ходе исследования установлено, что в организациях сельского хозяйства применяются зерноуборочные комбайны с автоматизированным управлением (компьютерным зрением). Применение этой техники в Свердловской области позволяет сократить расходование топлива в структуре себестоимости с 13,0 до 10,5% и затрат на ремонт с 10,0 до 8,1%, за счет оптимизации режимов работы двигателя в зависимости от нагрузки. Намолот

зерна за день на комбайне с автоматизированным управлением увеличивается на 9,9%. При длительности уборочной компании 24 дня и урожайности зерновых 27,4 ц/га, себестоимость зерна при уборке зерноуборочным комбайном с автоматизированным управлением на основе компьютерного (машинного) зрения составила 8,7 рублей на кг, что на 7,5 % меньше, чем при уборке комбайном без систем искусственного интеллекта. Прибыль от реализации зерна при уборке комбайном с автоматизированным управлением увеличилась до 5,3 млн. рублей, а рентабельность производства зерновых выше на 10 процентных пунктов по сравнению с комбайном без этих систем.

12. Разработан организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как совокупность методов, процедур и инструментов, которые применяются органами исполнительной власти в деятельности по внедрения этих систем в отрасли, включающий блоки: организационно-управленческий, финансово-экономический, технико-технологический, правовой, социальный, мотивационный, а также инструментарий прямого и косвенного воздействия, содержащий законодательные и регуляторные методы, методы планирования и прогнозирования, развития инфраструктуры, программно-целевого управления, бюджетного регулирования и субсидирования. Его использование позволит организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью использовать возможности систем искусственного интеллекта для повышения экономической эффективности, снижения затрат, улучшения качества продукции, что, в конечно итоге, позволит повысить конкурентоспособность отрасли.

13. Разработаны сценарии внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве в зависимости от уровней активности организаций сельского хозяйства по внедрению этих систем и технологической позиции органов власти. Наиболее предпочтительный сценарий предполагает кратное увеличение финансирования разработок систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства, создание нескольких инженерных школ по разработке систем искусственного интеллекта и роботов для

сельского хозяйства. Это позволит обеспечить технологическое лидерство по разработке и внедрению данных систем в отрасли. Согласно данному сценарию значительная доля данных (25% и более) будет собираться в автоматическом режиме на платформе госоператора больших данных, что позволит добиться поточной разработки роботов с искусственным интеллектом и их применения в большинстве подотраслей сельского хозяйства. В конечном итоге, это позволит повысить конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства.

14. Разработаны два основных сценария внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Свердловской области, содержащих результаты, к которым приведет реализация на практике организационно-экономического механизма их внедрения. Согласно инерционному сценарию к 2030 году применение систем искусственного интеллекта будет осуществляться в основном в молочном животноводстве и уборке зерновых. При этом темпы внедрения этих систем в молочном животноводстве составят 2,2 %. Это позволит обеспечить рост продуктивности коров от применения систем искусственного интеллекта 5,0%, увеличение производительности труда составит 12,0%. Доля комбайнов с автоматизированным управлением при текущих темпах внедрения этой техники составит 1,0%. Прирост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта при уборке зерновых составит 1,8%. При реализации инновационного сценария к 2030 году количество процессов в сельском хозяйстве, автоматизированных посредством систем искусственного интеллекта, может увеличиться до 5 единиц. При этом рост продуктивности животных от применения систем искусственного интеллекта составит 12,5%, а рост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве – 18,5%. Доля комбайнов с автоматизированным управлением может возрасти до 5,0% к 2030 г. Прирост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта при уборке зерновых составит 5,4%.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

AlexNet – модель сверточной нейронной сети

ANFIS – адаптивная нейро-нечеткая система

ANN – искусственная нейронная сеть

ACO – муравьиные алгоритмы

BP-ANN – искусственная нейронная сеть обратного распространения

BPNN – нейронная сеть обратного распространения

BRT – деревья усиленной регрессии

DL – глубокое обучение

DTS – деревья принятия решений

CART – деревья классификации и регрессии

CNN – сверточная нейронная сеть

EEMD-ADD – оптимизированная гибридная модель

ELM – экстремальная обучающая машина

ENN – нейронная сеть Элмана

FD – гибкий дискриминантный анализ

FFBN – нелинейный инструмент нейронных сетей обратного распространения

GEP – генетические вычисления

GLM – обобщенная линейная модель

GRNN – нейронной сетью обобщенной регрессии

KNN – k-ближайший сосед

KB – система, основанная на знаниях

LS-SVM – машины опорных векторов наименьших квадратов

LSTM – сеть долговременной памяти

MARS – многомерные адаптивные регрессионные сплайны

MLP – многослойный персептрон (нейрон)

MLR – мультилинейная регрессия

MR – методы множественной регрессии

MVS – система машинного зрения

NB – наивный Байес

NDVI – нормализованный вегетационный индекс

PLSR – линейная модель регрессии с частичным наименьшим квадратом

PSO – алгоритм оптимизации роя частиц

RBF – нейронная сеть класса прямой связи

RF – случайный лес

RNN – рекуррентная нейронная сеть

SBOCM – метод опорных векторов

SKNs – контролируемые сети Кохонена

SLFNS – однослойная нейронная сеть с прямой связью

SL – контролируемое обучение

SVM – машина опорных векторов

SVR – регрессия опорных векторов

VGG19 – модель сверточной нейронной сети

VGGNet – модель сверточной нейронной сети

YOLOv3 – модель сверточной нейронной сети

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

1. Автономные системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – системы способные выполнять задачи в области сельского хозяйства без вмешательства человека, в том числе получать данные, анализировать их и принимать решения.

2. Адаптивные системы искусственного интеллекта – системы способные изменять режимы работы в зависимости от изменяющихся условий внешней среды.

3. Алгоритм искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – последовательность действий, выполняемых компьютерной программой для решения конкретной задачи производства и управления в сельском хозяйстве.

4. Беспилотные аппараты в сельском хозяйстве – автономные технические средства, выполняющие задачи без участия человека.

5. Внедрение систем искусственного интеллекта в бизнес-процессы – процесс изменения или улучшения существующих бизнес-процессов путем внедрения систем искусственного интеллекта с целью повышения их эффективности.

6. Внедрение систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство – это процесс определения целесообразности применения, развитие необходимой инфраструктуры, создание, использование, мониторинг и определение эффективности применения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства и органах управления отраслью.

7. Встроенные системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – системы, которые используются во встроенном виде в различных устройствах для повышения их функциональности и удобства использования.

8. Генетические и эволюционные алгоритмы (англ. genetic algorithm) – методы оптимизации, которые используют аналогии с естественным отбором в

биологической эволюции для нахождения наилучших решений задач оптимизации.

9. Гибридные системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – системы способные осуществлять сбор данных, выполнять их анализ, предоставлять рекомендации, однако окончательное решение по рекомендациям принимает человек.

10. Глубокое обучение (англ. deep learning) – подраздел машинного обучения (часть систем искусственного интеллекта), в котором используются алгоритмы искусственных нейронных сетей для автоматического извлечения признаков из большого объема данных.

11. Деревья решений (англ. decision trees) – графические модели, используемые в машинном обучении для принятия решений на основе заданного набора правил.

12. Инструменты внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство – различные меры для развития и внедрения этих систем в сельскохозяйственное производство и управление отраслью включая развитие законодательства, регуляторные меры, программы развития, систему грантов и субсидий, развитие инфраструктуры.

13. Инструменты тестирования системы – элемент системы искусственного интеллекта, представляющий собой библиотеки машинного обучения, технологии для разработки моделей и тестирования их работоспособности.

14. Интеллектуальный интерфейс – элемент системы искусственного интеллекта, предназначенный для взаимодействия с пользователем, использующий технологии обработки естественного языка, компьютерного зрения и др.

15. Исполнительная система – элемент системы искусственного интеллекта в виде компьютерной программы, выполняющий вычислительные, логические, поисковые функции на основе различных методов и алгоритмов искусственного интеллекта.

16. Кластеризация (англ. cluster analysis) – метод машинного обучения, представляющий собой группировку объектов на основе их сходства друг с другом.

17. «Майнинг данных» (англ. data mining) – процесс автоматического извлечения полезной информации и закономерностей об объектах и процессах сельскохозяйственного производства из большого объема данных, состоящий в использовании систем искусственного интеллекта (алгоритмов машинного обучения), статистики, баз данных.

18. Машина опорных векторов (англ. SVM, support vector machine) – метод, применяемый для классификации или регрессии данных.

19. Метод Байеса – математический метод, используемый для оценки вероятности событий и принятия решений на основе этих оценок.

20. Методы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – это способы применения алгоритмов и моделей искусственного интеллекта для решения задач производства и управления в сельском хозяйстве.

21. Методы интеграции – элемент системы искусственного интеллекта, обеспечивающий обмен информацией между элементами системы, включающий различные протоколы и технологии (API, HTTP, MQTT), а также технологии обработки естественного языка и распознавания речи.

22. Модель искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – математическая модель, используемая для решения конкретных задач производства и управления в сельском хозяйстве, основанная на методах искусственного интеллекта.

23. Мультимодальные модели искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – перспективные модели, которые могут работать с различными типами данных одновременно (мультимодальность) и совмещать их для выполнения комплекса задач сельскохозяйственного производства и управления отраслью (многозадачность).

24. Муравьиные алгоритмы (англ. ant colony optimization, ACO) – метод искусственного интеллекта, моделирующий поведение муравьев при поиске пищи.

25. Набор данных (большие данные) – элемент системы искусственного интеллекта, обеспечивающий хранение данных, которые используются для задач обучения моделей искусственного интеллекта, в виде структурированной и неструктурированной информации (текст, изображения, аудио- и видеофайлы).

26. Нейронная сеть (англ. neural networks) – реализованная в программном и аппаратном виде математическая модель, построенная по принципу действия биологических нейронных сетей.

27. Облачные вычисления – элемент системы искусственного интеллекта, обеспечивающий доступ к вычислительным ресурсам через сеть Интернет.

28. Облачные устройства – элемент системы искусственного интеллекта, обеспечивающий хранение и обработку данных в сети Интернет.

29. Обучение на примерах (англ. learning from examples) – метод машинного обучения, состоящий в обучении модели на основе данных, содержащих множество вариантов с правильными ответами.

30. Объект внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – конкретный элемент, процесс или система сельскохозяйственного производства или управления отраслью, на которые направлено внедрение систем искусственного интеллекта, в том числе в используемую технику и оборудование, технологии сельскохозяйственного производства, бизнес-процессы и в систему управления сельского хозяйства.

31. Органы действия – элементы, непосредственно получающие команды и обеспечивающие обратную связь с системой искусственного интеллекта, в том числе роботы, элементы технологий интернета вещей (IoT) и др.

32. Подсистема управления – элемент системы искусственного интеллекта в виде компьютерной программы, позволяющий пользователю настраивать ее параметры и функциональность.

33. Принцип «комплексности» внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – учет всех факторов производства в едином комплексе при создании и использовании систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства: технических аспектов, технологии сельскохозяйственного производства, социально-экономические аспектов функционирования отрасли.

34. Принцип «конфиденциальности» внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – обеспечение защиты конфиденциальных данных, с которыми взаимодействует система искусственного интеллекта, в том числе от несанкционированного доступа, утечек и злоупотреблений.

35. Принцип «понятности» внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – обеспечение понятности и интерпретируемости результатов работы систем искусственного интеллекта работниками и специалистами сельского хозяйства, в том числе способность системы оповещать об ошибках и сбоях в работе.

36. Принцип «предсказуемости» внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – обеспечение возможности прогнозирования результатов работы систем искусственного интеллекта.

37. Принцип «приоритетности» внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – приоритетное внедрение в отраслях с наиболее высоким потенциалом увеличения народнохозяйственной и общественной эффективности, приоритетная направленность на повышение уровня доходов населения и социальную стабильность сельских территорий.

38. Принцип «технологического суверенитета» внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – приоритетность применения систем искусственного интеллекта, созданных на программных и аппаратных средствах отечественного производства, хранение информации наборов данных на мощностях госоператора больших данных.

39. Принцип «эффективности» внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – достижение поставленных целей с наименьшими затратами всех видов применяемых ресурсов, повышение экономичности и результативности аппарата управления отраслью, оптимальное планирования развития отрасли.

40. Регрессия в искусственном интеллекте – метод, используемый для анализа и прогнозирования связей между зависимой переменной (целевой) и несколькими независимыми переменными.

41. Результаты применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – конечные итоги применения этих систем в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью.

42. Серверы – элемент системы искусственного интеллекта, обеспечивающий хранение и обработку данных.

43. Системы поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта – системы, осуществляющие процесс подготовки и предоставления информации, методов и инструментов для помощи в принятии оптимальных решений в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью; позволяют автоматизировать процесс принятия решений, основанный на анализе данных, полученных датчиками, камерами и прочими устройствами.

44. Система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как техническое средство – совокупность программных и аппаратных средств, находящихся в определенных связях друг с другом, образующих единую целостность, направленных на решение задач производства и управления в сельском хозяйстве с эффективностью, сопоставимой или превосходящей результаты деятельности человека.

45. Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как направление исследований – это область знаний, имеющих прикладной характер и отраслевую специфику, направленных на разработку, внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью, оценку последствий этой деятельности.

46. Системы идентификации и диагностики – системы искусственного интеллекта для автоматического определения и классификации объектов на основе наблюдаемых признаков.

47. Системы искусственного интеллекта в роботизированных комплексах – системы, используемые для управления роботами в сельском хозяйстве.

48. Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, функционирующие на основе модели данных жизненного цикла (англ. data lifecycle model) – системы, использующие данные как основной ресурс для решения задач сельскохозяйственного производства и управления отраслью.

49. Системы искусственного интеллекта реального времени – системы способные принимать решение и корректировать свои действия в режиме реального времени.

50. Системы искусственного интеллекта с интернетом вещей в сельском хозяйстве – системы, использующие алгоритмы для обработки данных, собранных с применением устройств интернета вещей (датчики, смартфоны, транспортные средства, подключенные к сети Интернет и др.).

51. Системы искусственного интеллекта с обратной связью – системы, в которых обратная связь позволяет использовать полученную информацию для коррекции своей работы («учиться» на опыте).

52. Системы искусственного интеллекта с технологией обработки больших данных в сельском хозяйстве – системы, использующие алгоритмы для обработки, анализа и интерпретации больших наборов данных.

53. Системы компьютерного (машинного) зрения – системы способные обрабатывать и анализировать изображения и видеофайлы.

54. Системы логического вывода – используются для автоматического принятия решений на основе определенных правил и логических заключений.

55. Системы прогнозирования – используются для предсказания будущих событий на основе анализа исторических данных.

56. Субъекты внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – стороны, заинтересованные в развитии и внедрении этих систем в

отрасли, в том числе органы исполнительной власти, отраслевые союзы, разработчики и хозяйствующие субъекты аграрного сектора экономики.

57. Технология искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – набор методов, алгоритмов и инструментов для создания систем искусственного интеллекта, способных выполнять задачи в области производства и управления сельским хозяйством, обычно требующих участия человека.

58. Устройство сбора данных – элемент системы искусственного интеллекта, обеспечивающий сбор данных для обучения моделей искусственного интеллекта (датчики, камеры, микрофоны и др.).

59. Цель внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство – повышение эффективности сельскохозяйственного производства и управления отраслью.

60. Экспертные системы – компьютерные программы способные решать сложные задачи в области сельскохозяйственного производства и управления отраслью, используя знания и опыт экспертов.

61. Срок внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства или органах управления отраслью – период времени от начала процесса внедрения до выхода этих систем на проектную мощность (начало промышленной эксплуатации) установленным нормативным срокам внедрения.

62. Качество внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – степень соответствия фактического внедрения этих систем заявленным требованиям и ожиданиям в организациях сельского хозяйства или органах управления отраслью.

63. Ресурсоемкость внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – степень соответствия плановых и фактических затрат на внедрение этих систем в конкретных организациях сельского хозяйства или органах управления отраслью.

64. Масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства или органах управления отраслью – доля процессов, отделов, рабочих мест, на которых используются эти системы.

65. Ресурсная база внедрения и использования систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства или органах управления отраслью – совокупность доступных в настоящее время для организаций сельского хозяйства и органов управления отраслью финансовых, трудовых, материально-технических, инфраструктурных и других ресурсов для внедрения и использования этих систем в отрасли.

66. Генераторы ресурса использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – технологии или процессы, которые позволяют создать новые ресурсы или увеличивают эффективность применения используемых в организациях сельского хозяйства и органах управления отраслью систем искусственного интеллекта.

67. Экспертные системы сельского хозяйства – компьютерные программы, созданные для имитации экспертного человеческого знания и принятия решений в специфической предметной области сельскохозяйственного производства и управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативно-правовые документы

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: [официальное издание] / А. В. Гордеев, Д. Н. Патрушев, И. В. Лебедев [и др.] ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации. – Москва : Росинформагротех, 2019. – 46 с.
2. ГОСТ Р 58811-2020 Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура. Стадии создания. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200171331>
3. ГОСТ Р 59276-2020 «Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения» (2020) URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200177291>
4. ГОСТ Р 59277-2020 Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200177292>
5. ГОСТ Р 70139-2022 Центры обработки данных. Инженерная инфраструктура. Классификация. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200184573>
6. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (2019). – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72738946/>
7. Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы». – URL: <https://base.garant.ru/71755402/>
8. Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403236609/>
9. Распоряжение Правительства РФ от 8 сентября 2022 г. № 2567-р «Об

утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года». – URL: <https://e-ecolog.ru/docs/Efb1W6L22kLMoziSQixEa>

10. Стратегии в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Свердловской области» № 01-01-41/112 от 29 декабря 2022 г.

11. Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910110003>

Научная литература

12. Аверкин, А. Н. Толковый словарь по искусственному интеллекту / А.Н. Аверкин, М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Поспелов. – Москва: Радио и связь, 1992. – 256 с.

13. Автоматическое измерение пространственных координат точек местности по стереопаре изображений // Вопросы теории роботов и искусственного интеллекта: сб. ст. // АН УССР, Науч. совет по проблеме «Кибернетика», Ин-т кибернетики. – Киев: ИК, 1978. – 93 с.

14. Аксенов, А.Г. Использование нейронной сети для выявления больных растений картофеля / А.Г. Аксенов, В.С. Тетерин, А.Ю. Овчинников, Н.С. Панферов, С.А. Пехнов // Аграрная наука. – 2022. – № 7-8. – С. 167–171.

15. Алтухов, А. И. Цифровая трансформация как технологический прорыв и переход на новый уровень развития агропромышленного сектора России / А.И. Алтухов, М.Н. Дудин, А.Н. Анищенко // Продовольственная политика и безопасность. – 2020. – Т. 7. – № 2. – С. 81–96.

16. Алферьев, Д. А. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве / Д.А. Алферьев // АгроЗооТехника. – 2018. – Т. 1. – № 4. – С. 5.

17. Алферьев, Д.А. Практика реализации сверточных нейронных сетей в сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе / Д.А. Алферьев //

АгроЗооТехника. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 4.

18. Амагаева, Ю.Г. Теория нечетких множеств в аграрной экономике / Ю.Г. Амагаева // Известия международной академии аграрного образования. – 2022. – № 63. – С. 59–62.

19. Амирова, Н. Р. Цифровые технологии в сфере сельского хозяйства / Н.Р. Амирова, Л.В. Саргина, Я.Э. Кондратьева // ЦИТИСЭ. – 2020. – № 2 (24). – С. 266–280.

20. Амосов, Н.М. Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы / Н.М. Амосов, Т.Н. Байдык, А.Д. Гольцев [и др.] / под ред. Н.М. Амосова; АН УССР, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. – Киев: Наукова думка, 1991. – 271 с.

21. Антохина, Ю.А. Основы искусственного интеллекта: учеб. пособие / Ю.А. Антохина, А.А. Оводенко, М.Л. Кричевский, Ю.А. Мартынова. – Санкт-Петербург: ГУАП, 2022. – 169 с.

22. Ариничев, И.В. Интеллектуальные технологии фитосанитарной диагностики экосистем: нейросетевой подход / И.В. Ариничев, В.А. Сидоров, И.В. Ариничева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 99. – С. 66–70

23. Ариничева, И.В. Распознавание болезней риса с помощью современных методов компьютерного зрения / И.В. Ариничева, И.В. Ариничев, С.В. Полянских, Г.В. Волкова // Аграрная наука. – 2021. – № 3. – С. 90–94.

24. Багриновский, К.А. Интеллектуальная система в отраслевом планировании // К.А. Багриновский, В.В. Логвинец; отв. ред. В.Н. Бурков; АН СССР, Центр. экон.-мат. ин-т. – Москва: Наука, 1989. – 136 с.

25. Бадмаева, М.Х. К вопросу об особенностях и проблемах применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / М.Х. Бадмаева // Вестник Бурятского государственного университета. – 2022. – № 3. – С. 75–83.

26. Берг, А.И. О возможностях автоматизации управления народным хозяйством / А.И. Берг, А.И. Китов, А.А. Ляпунов // Проблемы кибернетики: сб. ст. – Москва: Физматгиз, 1959. – Вып. № 6. – С. 83–100.

27. Борисевич, М.Н. Компьютерный нейроимитатор внутренних незаразных болезней животных // Вестник ВГМУ. – 2017. – № 6. – С. 125–130.
28. Боровская, Е.В. Основы искусственного интеллекта: учеб. пособие / Е.В. Боровская, Н.А. Давыдова. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 130 с.
29. Бубенок, Е.А. Искусственный интеллект в цифровой платформе как драйвер инновационного развития прорывных технологий развития отечественного АПК / Е.А. Бубенок // Вестник МИРБИС. – 2019. – №1 (17). – С. 90–95.
30. Бугера, Б.И. О разработке нормативной базы для АСУ / Б.И. Бугера // Автоматизированная система управления в сельском хозяйстве: тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещания. Секция III. – Москва, 1974. – С. 35–40.
31. Будущее искусственного интеллекта: сборник / АН СССР; ред.-сост. К.Е. Левитин, Д.А. Поспелов. – Москва: Наука, 1991. – 301 с.
32. Бутрова, Е.В. Разработка рекомендаций по адаптации лучших мировых практик применения результатов дистанционного зондирования земли для решения проблем в сельском хозяйстве России / Е.В. Бутрова, В.А. Павлов, Д.В. Ковков // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2019. – Т. 171. – № 4. – С. 45–52.
33. Васильковский, С.А. Индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы / С.А. Васильковский, Г.Г. Ковалева, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Т.С. Зинина, П.Б. Рудни // ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. – URL: <https://issek.hse.ru/news/783750202.html>
34. Вычислитель нейросетевой НПО «Автоматика». – URL: <https://www.npoa.ru/catalog/katalog-produkcii-npoa/avtomatizaciya-transporta/vychislitel-neyrosetevoy.html>
35. Гаазе-Рапопорт М.Г. От амебы до робота: модели поведения / М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Поспелов. – Москва: Гл. ред. физ.-мат. лит, 1987. – 288 с.
36. Гагарин, А.Г. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования урожайности на основе анализа кросс-региональных данных /

А.Г. Гагарин, А.Ф. Рогачев // Известия НВ АУК. – 2018. – № 2. – С. 339–346

37. Галанина, О.В. Big Data в планировании восстановления молочного стада КРС / О.В. Галанина // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 59. – С. 92–95.

38. Галушкин, А.И. Синтез многослойных систем распознавания образов / А.И. Галушкин. – Москва: Энергия, 1974. – 366 с.

39. Гасанова, Х.Н. Повышение эффективности освоения инноваций в сельском хозяйстве: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Гасанова Хатимат Набиевна. – Москва, 2005. – 24 с.

40. Горбунова, О.С. Формирование человеческого капитала аграрной сферы региона: дисс. ... канд. экон. наук [Текст] / О.С. Горбунова. – Екатеринбург, 2018. – 206 с.

41. Гриценко, Г.М. Развитие сельских территорий Сибири: стратегическое планирование и инструменты реализации / Г.М. Гриценко, А.В. Миненко, Е.В. Рудой, В.В. Алещенко // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 1. С. 96-100.

42. Гусев, А.С. Изучение международной практики внедрения технологий точного земледелия на основе национальных программ развития аграрной сферы зарубежных стран / А.С. Гусев, Е.А. Скворцов, Е.Д. Морозова // Russian journal of management. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С.121–125. – URL: <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2020-8-3-121-125>

43. Гусев, А.С. Повышение конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства в условиях внедрения технологий точного земледелия / А.С. Гусев, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – Т. 1. – № 12 (81). – С. 109–114.

44. Гусев, А.С. Применение технологий точного земледелия в Свердловской области / А.С. Гусев, Е.А. Скворцов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – 4(63). – С. 252–257.

45. Дискуссии об искусственном интеллекте // Сборник выступлений ученых / авт.-сост. А.В. Шилейко. – Москва: Знание, 1970. – 48 с.

46. Дифференцированные опрыскиватели Hardi Ranger. – URL: <https://novatech.su/product/hardi-ranger/>.
47. Доильный робот DeLaval VMS™ V310. – URL: <https://www.delaval.com/ru/explore/milking/delaval-vms-series/>.
48. Дорохов, А.С. Модель искусственной нейронной сети при повышении эффективности уборки картофеля качественной заделкой посадочного материала / А.С. Дорохов, А.В. Сибирев, А.Г. Аксенов, М.А. Мосяков, Н.В. Сазонов // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 1. – С. 128–135.
49. Жукова, М.А. Формирование механизма цифровой трансформации сельского хозяйства: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Жукова Марина Александровна. – Воронеж, 2021. – 154 с.
50. Заводчиков, Н.Д. Использование нейросетевых технологий в прогнозировании эффективности производства зерна / Н.Д. Заводчиков, Н.В. Спешилова, С.С. Таспаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (51). – С. 216–219.
51. Загоруйко, Н.Г. Искусственный интеллект и эмпирическое предсказание: спецкурс для студентов НГУ / Н.Г. Загоруйко; Новосибирский гос. ун-т. – Новосибирск: НГУ, 1975. – 82 с.
52. Зацаринный, А.А. Интеграция приложений искусственного интеллекта в единую цифровую платформу АПК / А.А. Зацаринный, В.И. Меденников, А.Н. Райков // Информационное общество. – 2023. – № 1. – С. 127–138.
53. Ивахненко, А.Г. Предсказание случайных процессов / А.Г. Ивахненко, В.Г. Лапа; АН УССР. – Киев: Наукова думка, 1971. – 415 с.
54. Ивахненко, А.Г. Техническая кибернетика: системы автоматического управления с приспособлением характеристик / А.Г. Ивахненко. – Киев: Гостехиздат УССР, 1959. – 422 с.
55. Илышев, А.П. Искусственный интеллект и нейросетевые системы в цифровой платформе прорывного развития российского АПК / А.П. Илышев, О.М. Толмачев. – DOI 10.18334/ecsoc.9.4.100453 // Экономика и социум:

современные модели развития. – 2019. – Т. 9. – № 4 (26). – С. 492–507.

56. Ильин, В.Н. Применение искусственного интеллекта в САПР РЭС : учеб. пособие / Моск. авиац. ин-т им. С. Орджоникидзе. – Москва: Изд-во МАИ, 1990. – 56 с.

57. Интернет в России: динамика проникновения. – URL: <https://fom.ru/posts/13999> (дата обращения 25.01.2023).

58. Искусственный интеллект: справочник: в 3 кн. – Кн. 1. Системы общения и экспертные системы / под ред. Э.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.

59. Искусственный интеллект на сельскохозяйственном рынке: рост, тенденции и прогнозы (2023–2028 гг.). – URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/artificial-intelligence-in-agriculture-market>.

60. Искусственный интеллект, итоги и перспективы: материалы семинара. – Москва: Изд-во «Знание» РСФСР, Моск. дом науч.-техн. пропаганды им. Ф.Э. Дзержинского, 1985. – 154 с.

61. Калинин, Н.В. О технологиях машинного зрения в сельском хозяйстве / Н.В. Калинин // Научный электронный журнал Меридиан. – 2020. – № 3 (37). – С. 60–62.

62. Капелюшников, Р.И. Технологический прогресс – пожиратель рабочих мест? / Р.И. Капелюшников // Вопросы экономики. – 2017. – № 11 – С. 142–157.

63. Касаткин, А.М. Роботы и искусственный интеллект / А.М. Касаткин ; под общ. ред. В.В. Павлова. – Киев: Выща школа, 1989. – 54 с.

64. Керимов, М.А. Оптимизация технологии доения коров за счет совершенствования роботизированной установки преддоильной подготовки вымени / М.А. Керимов, Д.В. Барабанов, И.Я. Нам. – DOI 10.15838/alt.2023.6.1.6 // АгроЗооТехника. – 2023. – Т. 6. – № 1. – URL: <http://azt-journal.ru/article/29539>.

65. Ковалев, В.Е. Кластерный анализ продовольственных ритейлеров России / В.Е. Ковалев, К.В. Новикова, Е.А. Антинескул // Управленец. – 2022. –

Т. 13. – № 2. – С. 70–84.

66. Ковалев, В.Е. Цифровизация локального продуктового ритейла: возможности и ограничения / В.Е. Ковалев, Е.А. Антинескул, В.Д. Добровлянин // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 4. – С. 24-34.

67. Когай, И.Е. Особенности нейронной сети BERT и способы ее использования / И.Е. Когай, П.И. Маслакова, Е.В. Попова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: сб. материалов V Всерос. Науч.-практ. конф. – Краснодар, 2023. – С. 365–367.

68. Козюков, А.В. Применение системы «Cognitive agro pilot» при работе зерноуборочных комбайнов / А.В. Козюков, Н.В. Михеев // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 4. – С. 58.

69. Кондратов, А.М. Электронный разум / А.М. Кондратов. – Москва : Мир, 1989. – 279 с.

70. Кордович, В.И. Цифровые технологии для сельского хозяйства / В.И. Кордович, О.В. Попова, С.П. Шлыгин // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 63. – С. 120–125.

71. Косников, С.Н. Проблема внедрения искусственного интеллекта в сельскохозяйственное производство / С.Н. Косников, И.М. Корниенков, И.А. Жихарева // Аудиторские ведомости. – 2022. – № 2. – С. 124–128.

72. Костомахин, М.Н. Программный комплекс для дистанционного контроля узлов и агрегатов / М.Н. Костомахин, Е.В. Пестряков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16. – № 4. – С. 19–25.

73. Кочколда, К.Э. Сущность систем искусственного интеллекта / К.Э. Кочколда, А.Д. Вейсова, Л.Е. Попок // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: сб. материалов V Всерос. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2023. – С. 220–221.

74. Краковский, Д.Ю. Как глубинное обучение помогает прогнозам погоды и климатическим моделям / Д.Ю. Краковский, А.А. Петров, Е.В. Попова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: сб. материалов II Всерос. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2020. – С. 48–50.

75. Кротов, А.Д. Прогнозирование спроса на товары и услуги с использованием алгоритмов машинного обучения / А.Д. Кротов, И.М. Яхонтова // Проблемы развития науки и образования в эпоху модернизации: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону, 2023. – С. 110–112.

76. Кузнецова И.Г. Новые качества человеческого капитала при переходе к шестому технологическому укладу / И.Г. Кузнецова // Экономические и гуманитарные науки. 2021. № 4 (351). С. 71-80.

77. Куликова, М.Х. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве / М.Х. Куликова // Тенденции развития естественных наук в современном информационном пространстве и их применение в агробιοтехнологиях: материалы II науч.-практ. конф. – Грозный, 2022. – С. 145–148.

78. Кумратова, А.М. Прогнозирование сложных процессов нейронными сетями / А.М. Кумратова, К.Э. Чумаренко // Современная экономика: проблемы и решения. – 2023. – № 3 (159). – С. 27–36.

79. Ларин, С.Н. Особенности развития технологий искусственного интеллекта / С.Н. Ларин, Н.А. Соколов, Л.И. Герасимова // Экономические исследования и разработки. – 2019. – № 6. – С. 81–92.

80. Лукичев, П.М. Искусственный интеллект и экономические проблемы его применения / П.М. Лукичев // Инновационные технологии и технические средства специального назначения: тр. четырнадцатой общерос. науч.-практ. конф.: в 2 т. Сер. «Библиотека журнала “Военмех. Вестник БГТУ”». № 82. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 173–175.

81. Лукичев, П.М. Экономика искусственного интеллекта и концепция «принципал – агент» / П.М. Лукичев, О.П. Чекмарев // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 1069–1082.

82. Маслов, С.Ю. Обратный метод установления выводимости для логических исчислений / С.Ю. Маслов // Труды математического института им. В.А. Стеклова АН СССР. – 1968. – Т. 98. – С.26–87.

83. Матвеев, М.Г. Модели и методы искусственного интеллекта. Применение в экономике: учеб. пособие для студентов высших учебных

заведений, обучающихся по специальности «Прикладная информатика (по областям)» и другим специальностям / М.Г. Матвеев, А.С. Свиридов, Н.А. Алейникова. – Москва: Финансы и статистика: ИНФРА-М, 2008. – 446 с.

84. Математические основы кибернетики / А.И. Галушкин, Ю.И. Дегтярев, Б. Н. Калинин [и др.]. – Москва, 1974. – 415 с.

85. Мезоэкономика России: стратегия разбега: монография / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера ; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук. – Москва: Изд. дом «Научная библиотека», 2022. – 808 с.

86. Методология освоения и развития интеллектуальных систем // Новосибирск: Б. и., 1986. – 240 с.

87. Мирзаев, М.А. Разработка алгоритма роботизированного устройства точного внесения средств защиты растений / М.А. Мирзаев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16. – № 3. – С. 74–80.

88. Мишуров, Н.П. Цели и задачи искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Н.П. Мишуров, Ю.И. Чавыкин, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 3 (41). – С. 39–49.

89. Модели формирования и использования человеческого капитала в условиях цифровизации сельского хозяйства: монография / О.В. Шумакова, Е.А. Асташова, Д.Р. Баева [и др.]; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. – Омск : ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2023.

90. Моисеев, А.В. Организационно-экономические условия развития и приоритетного государственного регулирования системы селекции и семеноводства региона / А.В. Моисеев, А.Т. Стадник, А.А. Самохвалова // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 9. С. 24-30.

91. Москалев, С.М. Искусственный интеллект и интернет вещей как инновационные методы совершенствования агропромышленного сектора / С.М. Москалев, Н.В. Клименок-Кудинова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 52. – С. 121–130.

92. Моторин, О.А. Цели и задачи искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – Вып. 41 – С. 39-49.

93. Набоков, В.И. Активизация деятельности по роботизации сельскохозяйственного производства на основе использования коридоров развития / В.И. Набоков, К.В. Некрасов, Е.А. Скворцов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6. – С. 210–214.

94. Набоков, В.И. Влияние обеспеченности инфраструктурой и уровня субсидий на роботизацию сельского хозяйства / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 12. – С. 42–49.

95. Набоков, В.И. Показатели экономического развития регионов и роботизация сельского хозяйства / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов, Н.К. Прядилина // Russian Journal of Management. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 161–165.

96. Набоков, В.И. Роботизация отечественного сельскохозяйственного производства / В.И. Набоков, К.В. Некрасов, Е.А. Скворцов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 155–160.

97. Набоков, В.И. Роботизация сельскохозяйственного производства и заработная плата в отрасли / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов, В.С. Кухарь // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 9. – С. 47-52.

98. Набоков, В.И. Трудоспособное население, уровень безработицы и роботизация сельского хозяйства в регионах / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 8. – С. 47–53.

99. Набоков, В.И. Целесообразность использования робототехники в сельском хозяйстве / В.И. Набоков, К.В. Некрасов, Е.А. Скворцов // Московский экономический журнал. – 2018. – № 4. – С. 30–35.

100. Направления деятельности Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. – URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1046/>

101. Недогонова, Т.А. Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Т.А. Недогонова, А.А. Петров, Е.В. Попова // Цифровизация

экономики: направления, методы, инструменты: сб. материалов II Всерос. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 144–147.

102. Никишова, М.И. Применение технологий искусственного интеллекта в системе корпоративного управления: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Никишова Мария Игоревна. – Москва, 2021. – 27 с.

103. Никулина, Ю.Н. Влияние аграрных субсидий на сельскую занятость / Ю.Н. Никулина // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 4. – С. 53–62.

104. Никулина, Ю.Н. Эффективность цифровизации сельского хозяйства: что мы знаем о результатах и методах количественных исследований? / Ю.Н. Никулина // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 1. – С. 57–65.

105. Новиков, В.С. Цифровые технологии и инструменты управления процессами как фактор повышения эффективности социально-экономических систем агропромышленного комплекса / В.С. Новиков // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 101. – С. 42–49.

106. Овсянко, Л.А. Государственное финансирование субъектов молочной отрасли в РФ / Л.А. Овсянко, А.В. Овсянко // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 5 (130). – С. 46–48.

107. Овсянко, Л.А. Развитие "зеленого" и органического производства в молочном скотоводстве / Л.А. Овсянко, Н.И. Пыжикова, М.А. Федорова // Вестник университета. 2023. № 6. С. 77–86.

108. Озерова М.Г. Вызовы современности - формирование цифровой экосистемы подотрасли молочного скотоводства / М.Г. Озерова, Л.А. Овсянко, М.А. Федорова // В сборнике: Современная аграрная экономика: наука и практика. Материалы V международной научно-практической конференции. Горки. – 2022. – С. 138–143

109. Озерова, М.Г. Формирование приоритетных направлений государственной поддержки АПК Красноярского края / М.Г. Озерова, Н.И. Пыжикова, Л.Н. Шорохов // Вестник Курской государственной

сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 134-140.

110. Осипов, Г.С. Методы искусственного интеллекта / Г.С. Осипов. – Москва: Изд-во ООО Издательская фирма «Физико-математическая литература». – 2013. – 296 с.

111. Панов, В.С. Искусственный интеллект в мире к 2030 году / В.С. Панов, Ю.А. Катайцев, Н.Е. Отекина // Мир Инноваций. – 2021. – № 3. – С. 48–51.

112. Параскевов, А.В. Способы и технические требования к процессу аналитики больших данных в сельском хозяйстве / А.В. Параскевов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 187. – С. 207–220.

113. Парфенова, В.Е. Нейросетевое прогнозирование динамики цен на сельскохозяйственную продукцию / В.Е. Парфенова // Инновации. – 2021. – № 4 (270). – С. 49–53.

114. Петухова М.С. Ключевые компетенции человеческого капитала в условиях нового технологического уклада для формирования устойчивого развития сельских территорий / М.С. Петухова, С.В. Коваль, Е.Ю. Завальнюк // АПК: экономика, управление. – 2023. – № 2. – С. 39-43.

115. Петухова М.С. Концептуальная модель цифровой экосистемы в агропромышленном комплексе региона / М.С. Петухова, А.В. Кокорин // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 5. – С. 13-21.

116. Петухова М.С. Теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации сельского хозяйства России: базовые понятия и этапы / М.С. Петухова, О.В. Агафонова // Аграрный вестник Урала. 2023. – № 4 (233). – С. 79-89.

117. Печерский, Ю.Н. На пути к искусственному интеллекту / под ред. Д. А. Поспелова. – Кишинев: Штиинца, 1981. – 183 с.

118. Побединский, В.В. Нейро-нечеткая сеть для оценки остаточного ресурса тракторных двигателей / В.В. Побединский, Г.А. Иовлев, С.В. Ляхов, И.И. Голдина // Лесной вестник. – 2022. – Т. 26. – № 2. – С. 120–130.

119. Покровская, Я.К. Перспективы использования искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Я.К. Покровская, С.М. Каюгина // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: сб. материалов LVI науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Тюмень, 2022. – С. 350–358.
120. Полтарыхин А.Л. Концептуальные основы управления инновационной деятельностью предприятий / А.Л. Полтарыхин, С.А. Шелковников, Э.Р. Корчагин // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 3 (152). – С. 1012-1014.
121. Полтарыхин А.Л. Преимущества цифровизации для проектного управления / А.Л. Полтарыхин, М.А. Пономарев, С.Ю. Старостин, С.А. Шелковников // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 7 (144). – С. 738–741.
122. Полянская Н.М. Агролизинг как инструмент материально-технического обеспечения в аграрной сфере / Н.М. Полянская, Э.Б. Найданова, А.А. Колесняк, И.А. Колесняк, О.Л. Брянская // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 1. – С. 30-40.
123. Попов, Э.В. Алгоритмические основы интеллектуальных роботов и искусственного интеллекта / Э.В. Попов, Г.Р. Фирдман. – Москва: Наука, 1976. – 456 с.
124. Попова, Е.В. Многоуровневое моделирование процессов управления на основе инструментария «дерево решений» / Е.В. Попова, М.И. Попова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: сб. материалов IV Всерос. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2022. – С. 21–25.
125. Попова, Е.В. Современные технологии обработки больших данных / Е.В. Попова, А.М. Кумратова, К.А. Сивков // Цифровая экономика и электронное образование: европейский опыт: сб. науч. тр. I Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Л.И. Ушвицкого, И.В. Пеньковой. – Ставрополь, 2020. – С. 315–318.
126. Пospelов, Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г.С. Пospelов; АН СССР. – Москва: Наука, 1988. –

278 с.

127. Пospelов, Д.А. Мышление и автоматы / Д.А. Пospelов, В.Н. Пушкин. – Москва: Сов. Радио, 1972. – 224 с.

128. Продовольственный рынок регионов России: новый вектор развития // Российская академия наук, Уральское отделение Российской академии наук, Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук; под общ. ред. Ю.Г. Лавриковой, В.П. Негановой. – Екатеринбург: УрО РАН, 2018. – 775 с.

129. Пыжикова Н.И. Цифровизация сельского хозяйства: преимущества и проблемы / Н.И. Пыжикова, М.Г. Озерова // В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник III Всероссийской (национальной) научной конференции. – 2018. – С. 1138-1140.

130. Рогачев, А.Ф. Обоснование алгоритмов и инструментария для нейросетевого прогнозирования урожайности агрокультур с использованием ретроспективных данных / А.Ф. Рогачев, Е.В. Мелихова // Известия НВ АУК. – 2020. – №1. – С. 290–302.

131. Рот, М. Интеллектуальный автомат: компьютер в качестве эксперта / М. Рот / пер. с нем. А. П. Свиридова. – Москва: Энергоатомиздат. 1991. – 79 с.

132. Рудой Е.В. Методический подход к оценке уровня развития субъектов рынка молока и молочной продукции в РФ / Е.В. Рудой, С.А. Шелковников, А.Л. Полтарыхин, П.А. Щербаков // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 1. – С. 27-31.

133. Рыбалко, М.А. Многокритериальная оптимизация / М.А. Рыбалко, Е.В. Попова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2021. – С. 235–237

134. Рязанцев, А.А. Прогресс искусственного интеллекта и повышение продуктивности современного сельского хозяйства / А.А. Рязанцев, И.В. Попов // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Воронеж, 2018. – С. 386–391.

135. Салимов, Ш.А.У. К вопросу о применении искусственного разумного

интеллекта в сельском хозяйстве / Ш.А.У. Салимов, Б.О. Балтыков, К.К. Хамгаев, Г.М. Мучкаева // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – элиста, 2019. – С. 402–404.

136. Самохвалова А.А. Разработка концептуальных подходов цифровизации как инструмента устойчивого развития системы селекции и семеноводства / А.А. Самохвалова, А.В. Моисеев // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8. – № 9.

137. Самохвалова А.А. Системные факторы развития сельского хозяйства / А.А. Самохвалова, Д.В. Эссауленко // АПК: экономика, управление. – 2021. – № 6. – С. 19-25.

138. Санду, И.С. Гармонизация региональной и федеральной политики в условиях существующих внешнеэкономических вызовов / И.С. Санду, В.К. Крутиков // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 5. – С. 11–16.

139. Санду, И.С. Нормативно-правовое обеспечение научно-технического развития подотраслей АПК / И.С. Санду, Н.Е. Рыженкова // АПК: экономика, управление. – 2021. – № 4. – С. 21–28.

140. Свецкий, А.В. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / А.В. Свецкий // Сельское хозяйство. – 2022. – № 3. – С. 1–12.

141. Сёмин А.Н. Сущность искусственного интеллекта и машинного обучения при решении управленческих проблем сельскохозяйственного производства / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов, А.С. Гусев // Russian Journal of Management. 2023. Т. 11. № 3. С. 140-149

142. Сёмин, А.Н. Анализ исследований в области применения систем искусственного интеллекта при борьбе с сорняками / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельского хозяйства России. – 2023.- №8. 49-54

143. Семин, А.Н. Влияние роботизации сельского хозяйства на гендерный, возрастной состав работников и уровень их образования / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельского хозяйства России. – 2020.

– №10. – С. 47–53

144. Семин, А.Н. Исследование изменения характера и содержания труда работников сельского хозяйства в условиях применения цифровых технологий / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 12. – С. 48–54.

145. Семин, А.Н. Исследование производственного травматизма на роботизированном производстве в сельском хозяйстве / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2022. – № 8 (90). – С. 4–12.

146. Семин, А.Н. Применение технологий искусственного интеллекта и робототехники в сельском хозяйстве и оценка их влияния на безработицу на сельских территориях / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 9. – С. 40–45.

147. Семин, А.Н. Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы ценообразования и санкции запада / А.Н. Семин, Е.В. Килимник, В.Е. Ковалев, А.С. Лылов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 12. – С. 10–16.

148. Семин, А.Н. Территориальные аспекты роботизации сельского хозяйства / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // АПК: Экономика, управление. – 2019. – № 3. – С. 35–46.

149. Семин, А.Н. Трансформация трудовой деятельности в условиях применения робототехники в сельском хозяйстве / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов // АПК: Экономика, управление. – 2018. – № 11. – С. 76–84.

150. Сильдмязэ, И.Я. Искусственный интеллект. Знания и мышление: (Когнитология) / И.Я. Сильдмязэ ; Тарт. ун-т. – Тарту: ТГУ, 1989. – 239 с.

151. Скворцов, Е.А. Анализ применения доильной робототехники в хозяйствах Свердловской области / Е.А. Скворцов // Организационно-правовое обеспечение механизма хозяйствования в сфере АПК. – 2017. – № 2 – С. 205.

152. Скворцов, Е.А. Анализ финансово-экономических показателей

развития сельского хозяйства с применением систем искусственного интеллекта / Е.А. Скворцов, Е.Н. Ялунина, А.С. Гусев // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 11. С. 80-86.

153. Скворцов, Е.А. Влияние фактора удаленности ферм на применение робототехники в сельском хозяйстве регионов / Е.А. Скворцов // Экономика региона. – 2023. – Т. 19. – № 1. – С. 150–162.

154. Скворцов, Е.А. Доля работников животноводства, взаимодействующих с технологиями искусственного интеллекта и киберфизическими системами / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Проблемы взаимодействия публичного и частного права при регулировании цифровизации экономических отношений: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2022. – С. 123–126.

155. Скворцов, Е.А. К вопросу региональных тенденций роботизации сельского хозяйства / Е.А. Скворцов, В.И. Набоков // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – №8. – С. 30–38.

156. Скворцов, Е.А. Кадровый аспект внедрения робототехники в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов // Аграрный вестник Урала. – 2016. – №2. –С. 99–106.

157. Скворцов, Е.А. Области применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов, Е.Н. Ялунина, Е.Г. Скворцова // Russian journal of management. – 2023. – Том 11. – №2. – С. 122-134

158. Скворцов, Е.А. Опыт применения доильной робототехники в Свердловской области / Е.А. Скворцов // Аграрное образование и наука. – 2016. – № 2. – С. 60

159. Скворцов, Е.А. Организационно-экономические аспекты применения робототехники в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов, А.Н. Семин, В.И. Набоков, Е.Г. Скворцова // Москва : Изд-во Фонда «Кадровый резерв», 2018. – 328 с.

160. Скворцов, Е.А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова, И.С. Санду, Г.А. Иовлев. – DOI 10.17059/2018-3-23 // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – № 3. – С. 1014–1028.

161. Скворцов, Е.А. Перспективы инновационного развития на основе применения сельскохозяйственных роботов / Е.А. Скворцов // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – № 3 (30). – С. 113–117.

162. Скворцов, Е.А. Перспективы исследований в условиях реализации национальной стратегии развития искусственного интеллекта: отраслевой аспект / Е.А. Скворцов, М.И. Кротов, Е.Г. Скворцова, Г.А. Безносков // Московский экономический журнал. – 2019. – № 9. – С. 25

163. Скворцов, Е.А. Перспективы применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве региона / Е.А. Скворцов // Экономика региона. – 2020. – Т.16. – № 2. – С. 563–576.

164. Скворцов, Е.А. Повышение эффективности роботизации сельского хозяйства: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Скворцов Егор Артёмович. – Екатеринбург, 2018. – 24 с.

165. Скворцов, Е.А. Применение доильной робототехники в регионе / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова, В.И. Набоков, П.С. Кривоногов // Экономика региона. – 2017. – № 1. – С. 249–260.

166. Скворцов, Е.А. Применение систем искусственного интеллекта в прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур / Е.А. Скворцов, Е.Н. Ялунина, А.С. Гусев // экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2023. – №9. – 69-74

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

168. Скворцов, Е.А. Проблемы трансформации социально-трудовых отношений в условиях роботизации сельского хозяйства / Е.А. Скворцов, А.Н. Семин, Е.Г. Скворцова // Материалы 2-й Международной научной конференции по новой индустриализации: глобальное, национальное, региональное измерение (SICNI 2018). – № 2– С. 100-103. <https://www.atlantis->

press.com/proceedings/sicni-18/articles.

169. Скворцов, Е.А. Сельскохозяйственные роботы в системе воспроизводственных процессов / Е.А. Скворцов // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 3. – С. 89–94.

170. Скворцов, Е.А. Тенденции развития сельскохозяйственной робототехники за рубежом / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 1. – С. 37–44.

171. Скворцов, Е.А. Теоретические аспекты применения технологий точного земледелия в сельскохозяйственном производстве / Е.А. Скворцов, А.С. Гусев. – Екатеринбург: Типография для вас, 2021. – 132 с.

172. Скворцов, Е.А. Территориальные закономерности роботизации сельского хозяйства / Е.А. Скворцов. – Тюмень: Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 2023. – 188 с.

173. Скворцов, Е.А. Территориальные особенности применения технологий точного земледелия / Е.А. Скворцов, А.С. Гусев // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 9. – С. 59–66.

174. Скворцов, Е.А. Трудосберегающие инновации на основе робототехники в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 12. – С. 77–82.

175. Скворцов, Е.А. Эффективность трудосберегающих инноваций в сельском хозяйстве на примере робота-подравнителя кормов / Е.А. Скворцов, Г. А. Иовлев, Е.Г. Скворцова, А.А. Орешкин // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 9. – С. 82–89.

176. Скворцова, Е.Г. Влияние технологий искусственного интеллекта и робототехники на социально-трудовые отношения / Е.Г. Скворцова, Е.А. Скворцов, Ю.В. Малькова // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 10. – С. 34–38.

177. Скворцова, Е.Г. Формирование трудовых ресурсов в молочном скотоводстве в условиях его роботизации (на примере Свердловской области):

дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Скворцова Екатерина Геннадьевна. – Екатеринбург, 2020. – 152 с.

178. Солнцева, О.Г. Аспекты применения технологий искусственного интеллекта / О.Г. Солнцева // E-Management. – 2018. – № (1). – С. 43–51. – URL: <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2018-1-43-51>

179. Соловьев, С.Ю. Инструментальная экспертная система для мини-ЭВМ / С.Ю. Соловьев, Г.М. Соловьева; ред. Ю.Н. Печерский; АН МССР, Ин-т математики с ВЦ. – Препр. – Кишинев: Б. и., 1986. – 35 с.

180. Спыну, Г.А. Роботы с искусственным интеллектом / Г.А. Спыну. – Киев: Тэхника, 1989. – 109 с.

181. Стадник, А.Т. Оценка функционирования организационно-экономического механизма поддержки экспорта на федеральном уровне / А.Т. Стадник, С.А. Шелковников, К.В. Чепелева // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 6. С. 15-23.

182. Стомба, Е.В. Методические подходы к оценке результативности и эффективности цифровизации управленческих решений / Г.Р. Нигматуллина, А.Г. Шарафутдинов, Е.В. Стомба, Т.Д. Гильманов, Т.Н. Лубова, А.Ф. Галеев // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 1. С. 113-119.

183. Стомба, Е.В. Роль Цифровых технологий в развитии деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей / Е.В. Стомба, А.Г. Шарафутдинов, О.С. Горбунова, И.В. Арасланбаев, А.В. Стомба, Э.Р. Даминева // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 3-2. С. 225-232.

184. Субаева, А.К. Техничко-технологическое перевооружение сельского хозяйства в условиях цифровой трансформации: дис. ... д-ра. экон. наук: 08.00.05 / Субаева Асия Камилевна. – Москва, 2022. – 369 с.

185. Суровцев, В.Н. Освоение цифровых технологий как основа стратегии развития молочного скотоводства / В.Н. Суровцев // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 9. – С. 108–117.

186. Суровцев, В.Н. Цифровая трансформация молочного скотоводства в хозяйствах Ленинградской области и проблемы цифровизации

кормопроизводства / В.Н. Суровцев // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 8. – С. 88–92.

187. Тимофеев, М.Г. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве / М.Г. Тимофеев, А.В. Бабайцев, Л.И. Никонорова // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 4. – С. 71.

188. Труба, А.С. Научно-технический прогресс и его влияние на формирование трудовых ресурсов сельского хозяйства / А.С. Труба, Е.Г. Скворцова // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 2. – С. 42–48.

189. Труба, А.С. Регулирование механизма реализации социально-трудовых отношений в АПК России / А.С. Труба // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 3. – С. 36–43.

190. Трубилин, А.И. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / А.И. Трубилин, Г.Ф. Петрик, А.Г. Прудников. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 95 с.

191. Уинстон, П. Искусственный интеллект / П. Уинстон: пер. с англ. – Москва : Мир, 1980. – 520 с.

192. Федотова, Г.В. Искусственный интеллект как инновационный вектор управления региональным АПК / Г.В. Федотова, М.И. Сложенкина, И.В. Митрофанова, Р.М. Ламзин // Региональная экономика. Юг России. – 2021. – Т. 9. – № 1. – С. 152–162.

193. Федотова, Г.В. Тенденции развития цифровых интеллектуальных технологий / Г.В. Федотова, А.Х. Алиева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2020. – Т. 10. – № 5. – С. 61–71.

194. Харитонов, Ю.С. Технология искусственного интеллекта и право: вызовы современности / Ю.С. Харитонов, В.С. Савина // Вестник Пермского университета. Юридические науки. – 2020. – № 3. – С. 524–549.

195. Хохлов А.П. Использование цифровых технологий в сельском

хозяйстве / А.П. Хохлов, С.Г. Чернова // В сборнике: Теория и практика современной аграрной науки. Сборник III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. 2020. С. 542-545.

196. Хутов, И.Т. Большие данные / И.Т. Хутов, Е.В. Попова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: сб. материалов V Всерос. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2023. – С. 330–332.

197. Черданцев, В.П. Необходимость создания нового механизма глобального управления продовольственной безопасностью в мире / В.П. Черданцев // Электронное сетевое издание «Международный правовой курьер». – 2022. – № 3. – С. 98–101.

198. Череватова, Т.Ф. Искусственный интеллект: диагностика болезней растений по распознаванию изображений / Т.Ф. Череватова, О.С. Ермолаева // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 2 (127). – С. 980–985.

199. Чернова, С.Г. Зональная специализация сельскохозяйственного производства региона / С.Г. Чернова, И.В. Нитяго, О.В. Ожогова // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 5. С. 113-120.

200. Четверикова, И.П. Агротехнологическом комплексе / И.П. Четверикова, Н.В. Галигузов, В.В. Петрова, К.Ю. Галюта // Специалисты АПК нового поколения: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. Е.Б. Дудниковой; Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2019. – С. 579–582.

201. Чуйкин, К.А. Влияние дронов и искусственного интеллекта на сельское хозяйство / К.А. Чуйкин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2018. – Т. 2. – № 4 (14). – С. 389–391.

202. Шайбакова, Л.Ф. Оценка тенденций развития инновационной деятельности в Свердловской области / Л.Ф. Шайбакова // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России: материалы I Урал. экон. форума: в 2 т. Екатеринбург : Изд-во УрГЭУ, 2019. – С. 186–191.

203. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – Москва: Бином. Лаб. знаний, 2013. – 752 с.

204. Шарапова, В.М. Управление человеческим капиталом сельскохозяйственных организаций в свердловской области / В.М. Шарапова, Н.В. Шарапова, Ю.В. Шарапов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 12. – С. 91–94.

205. Шарапова, Н.В. Господдержка сельхозтоваропроизводителей и ее роль в развитии молочного скотоводства / Н.В. Шарапова, В.М. Шарапова, Ю.В. Шарапов // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 11. – С. 74–80.

206. Шарапова, Н.В. Особенности воспроизводства кадров в сельском хозяйстве / Н.В. Шарапова, В.М. Шарапова, Ю.В. Шарапов // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 10. – С. 52–55.

207. Шелковников С.А. Предпосылки создания экспортно-ориентированного кластера масложирового подкомплекса АПК Сибири / С.А. Шелковников, К.В. Чепелева // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2024. – № 2 (108). – С. 148-158.

208. Шелковников С.А. Эволюция компетенций при переходе к новому технологическому укладу / С.А. Шелковников, И.Г. Кузнецова // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 7. – С. 40-45.

209. Шумакова О.В. Перспективные направления цифровизации сельского хозяйства региона: наука и образование / О.В. Шумакова // Наука. Образование. Регионы: сборник тезисов по итогам Профессорского форума. – Москва. – 2019. – С. 130-133.

210. Энциклопедия кибернетики / ред. коллегия: В.М. Глушков (отв. ред.) [и др.]; АН УССР. – Киев: Укр. Сов. Энциклопедия, 1974. – 606 с.

211. Якимова Л.А. Влияние цифровизации на развитие сельских территорий / Л.А. Якимова, А.В. Стрельцова / Научно-практические аспекты развития АПК: материалы национальной научной конференции. Красноярск. – 2023. – С. 330-331.

212. Ялунина, Е.Н. Совершенствование процесса принятия управленческих решений в сельском хозяйстве с применением систем искусственного интеллекта / Ялунина Е. Н., Н. К. Прядилина, Е.А. Скворцов // Аграрный вестник Урала.

2024. Т. 24, № 03. С. 440–449. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-440-449>.

213. Ялунина, Е.Н. Инновационные технологии как инструмент повышения эффективности системы управления и конкурентоспособности предприятия общественного питания / Е.Н. Ялунина // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 6-1. – С. 173–178.

214. Abba, S.I. Implementation of data intelligence models coupled with ensemble machine learning for prediction of water quality index / S.I. Abba, Q.B. Pham, G. Saini [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – № 7. – P. 41524–41539. – URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09689-x>.

215. Afzaal, H. Computation of Evapotranspiration with Artificial Intelligence for Precision Water Resource Management / H. Afzaal, A.A. Farooque, F. Abbas, B. Acharya, T. Esau. – DOI 10.3390/app10051621 // Applied sciences-Basel. – 2020. – Vol. 10. – № 5. – P. 1621.

216. Ahmad, J. Disease Detection in Plum Using Convolutional Neural Network under True Field Conditions / J. Ahmad, B. Jan, H. Farman, W. Ahmad, A. Ullah // Sensor. – 2020. – Vol. 20. – P. 5569. – URL: <https://doi.org/10.3390/s20195569>.

217. Aitkenhead, M.J. Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence / M.J. Aitkenhead, I.A. Dalgetty, C.E. Mullins, A.J.S. McDonald, N.J.C. Strachan. – DOI 10.1016/S0168-1699(03)00076-0 // Computers and electronics in agriculture. – 2003. – Vol. 39. – № 3. – P. 157–171.

218. Alekseeva, S. Digital transformation of agricultural industrial complex in the implementation of its development strategy / S. Alekseeva, G. Volkova, O. Sukhanova, E. Fudina // Scientific papers-series management economic engineering in agriculture and rural development. – 2021. – Vol. 21. – № 2. – P. 19–25.

219. Alonso, J. Support Vector Regression to predict carcass weight in beef cattle in advance of the slaughter / J. Alonso, A.R. Castanon, A. Bahamonde. – DOI 10.1016/j.compag.2012.08.009 // Computers and electronics in agriculture. – 2013. – Vol. 91. – P. 116–120.

220. Alves, A.N. Cotton pests classification in field-based images using deep

residual networks / A.N. Alves, W.S.R. Souza, D.L. Borges // Computers and electronics in agriculture. – 2020. – Vol. 174. – Article no. 105488. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105488>.

221. Amatya, S. Detection of cherry tree branches with full foliage in planar architecture for automated sweet-cherry harvesting / S. Amatya, M. Karkee, A. Gongal, Q. Zhang, M. D. Whiting // Biosystems Engineering. – 2015. – Vol. 146. – P. 3–15.

222. Aqel, D. Extreme learning machine for plant diseases classification: a sustainable approach for smart / D. Aqel, S. Al-Zubi, A. Mughaid, Y. Jararweh. – DOI 10.1007/s10586-021-03397-y // Cluster computing – the journal of networks software tools and applications. – 2021. – Vol. 25(1).

223. Babaei, M. AI Approach to Rice Yield Estimation / M. Babaei, S. Maroufpoor, M. Jalali, M. Zarei, A. Elbeltagi. – DOI 10.1002/ird.2566 // Irrigation and drainage. – 2021. – Vol. 70. – № 4. – P. 732–742.

224. Bakoev, S. PigLeg: prediction of swine phenotype using machine learning / S. Bakoev, L. Getmantseva, M. Kolosova, O. Kostyunina, D.R. Chartier, T.V. Tatarinova. – DOI 10.7717/peerj.8764 // PeerJ. – 2020. – Vol. 8. – № e8764.

225. Barrero, O. RGB and UAV multispectral fusion for detection of Gramineae weeds in rice fields / O. Barrero, S.A. Perdomo // Precision Agriculture. – 2018. – Vol. 19. – P.809–822.

226. Besalatpour, A.A. Estimating wet soil aggregate stability from easily available properties in a highly mountainous watershed / A.A. Besalatpour, S. Ayoubi, M.A. Hajabbasi, M.R. Mosaddeghi, R. Schulin. – DOI 10.1016/j.catena.2013.07.001 // Catena. – 2013. – Vol. 111. – P. 72–79.

227. Brynjolfsson E. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies / E. Brynjolfsson, A. McAfee. – New York; Oxford : W.W. Norton & Company, 2014. – 306 p.

228. Brynjolfsson, E. Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy / E. Brynjolfsson, A. McAfee. – Digital Frontier Press, 2012. – 381 p.

229. Chang, F.J. A systematical water allocation scheme for drought mitigation / F.J. Chang, K.W. Wang. – DOI 10.1016/j.jhydrol.2013.10.027 // Journal of hydrology. – 2014. – Vol. 507. – P. 124–133.
230. Chavan, T.R. AgroAVNET for Crop and Weed Classification: A Step Forward in Automated Agriculture / T.R. Chavan, A.V. Nandedkar // Computers and electronics in agriculture. – 2018. – Vol. 154. – P. 361–372.
231. Chen, D. Performance Evaluation of Deep Transfer Learning on Multiclass Identification of Common Weed Species in Cotton Production Systems / D. Chen, Y. Lu, S. Yong. – URL: <https://arxiv.org/pdf/2110.04960.pdf>
232. Chen, H. Partitioning of daily evapotranspiration using a modified shuttleworth-wallace model, random Forest and support vector regression, for a cabbage farmland / H. Chen, J.J. Huang, E. McBean. – DOI 10.1016/j.agwat.2019.105923 // Agricultural water management. – 2020. – Vol. 228. – № 105923.
233. Chlingaryan, A. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review / A. Chlingaryan, S. Sukkarieh, B. Whelan // Computers and electronics in agriculture. – 2018. – Vol. 151. – P. 61–69.
234. Chu, X.Q. An optimized hybrid model based on artificial intelligence for grape price forecasting / X.Q. Chu, Y. Li, D. Tian, J.Y. Feng, W.S. Mu. – DOI 10.1108/BFJ-06-2019-0390 // British food journal. – 2019. – Vol. 121. – № 12. – P. 3247–3265.
235. Chung, C.L. Detecting Bakanae disease in rice seedlings by machine vision / C.L. Chung, K.J. Huang, S.Y. Chen, M.H. Lai, Y.C. Chen, Y.F. Kuo // Computers and electronics in agriculture. – 2016. – № 121. – P. 404–411
236. Cognitive Agro Pilot — система автономного управления сельхозтехникой на основе искусственного интеллекта (ИИ). – URL: <https://cognitivepilot.com/products/cognitive-agro-pilot/>
237. Deng, J. Soil Water Simulation and Predication Using Stochastic Models Based on LS-SVM for Red Soil Region of China / J. Deng, X. Chen, Z. Du [et al.] // Water Resource Manage – 2011. – Vol. 25. – P. 2823–2836. – URL:

<https://doi.org/10.1007/s11269-011-9840-z>

238. Dornelles, E.F. Artificial intelligence in seeding density optimization and yield simulation for oat / E.F. Dornelles, A.R. Kraisig, J.A.G.da Silva, S. Sawicki, F. Roos-Frantz, R. Carbonera/ – DOI 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n3p183-188 // Revista brasileira de engenharia agricola e ambiental. – 2018. – Vol. 22. – № 3. – P. 183–188.

239. Dukes, E. The Cost of IoT Sensors Is Dropping Fast. – 2018. – URL: <https://www.iofficecorp.com/blog/cost-of-iot-sensors#brYMGJJXf9ljYjFH.99> (дата обращения 25.01.2021).

240. Dutta, R. Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers / R. Dutta, D. Smith, R. Rawnsley, G. Bishop-Hurley, J. Hills, G. Timms, D. Henry // Computers and electronics in agriculture. – 2015. – Vol. 111.– P.18–28.

241. Esmaili, M. Assessment of adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) to predict production and water productivity of lettuce in response to different light intensities and CO₂ concentrations / M. Esmaili, S. Aliniaiefard, K.A. Vakilian, P. Ghorbanzadeh, B. Azadegan, M. Seif, F. Didaran. – DOI 10.1016/j.agwat.2021.107201 // Agricultural water management. – 2021. – Vol. 258. – № 107201

242. Espejo-Garcia, B. Towards weeds identification assistance through transfer learning / B. Espejo-Garcia, N. Mylonas, L. Athanasakos, S. Spyros Fountas, I. Vasilakoglou // Computers and electronics in agriculture. – 2020. – № 171. – 105306.

243. Fedotova, G.V. AI as a breakthrough technology of agriculture development / G.V. Fedotova, R.H. Ilyasov, N.E. Buletova, T.A. Yakushkina, T.K. Kurbanov // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1100. – P. 384–393.

244. Fedotova, G.V. Application of neurointelligence technology in predicting the development of agribusiness / G.V. Fedotova, Yu.A. Kapustina, Yu.I. Sigidov, G.K. Dzhancharova, R.M. Lamzin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – 1112(1):012031.

245. Fedotova, G.V. Industry 4.0 as a new vector of growth and development of the knowledge economy / G.V. Fedotova, G.F. Ushamirskaya, Y.I. Sigidov, T.I. Kuzmina, N.V. Mandrik // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Vol. 1100. – P. 88–97.

246. Ferentinos, K.P. Deep learning models for plant disease detection and diagnosis / K.P. Ferentinos. – DOI 10.1016/j.compag.2018.01.009 // *Computers and electronics in agriculture*. – 2018. – Vol. 145. – P. 311–318.

247. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2020). New standards to curb the global spread of plant pests and diseases. – URL: <http://www.fao.org/news/story/en/item/1187738/icode>.

248. Ford, M. *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future* / M. Ford. – New York : Basic, 2015. – 334 p.

249. Freeman, D. Watson on the Farm: Using Cloud-Based Artificial Intelligence to Identify Early Indicators of Water Stress / D. Freeman, S. Gupta, D.H. Smith, J.M. Maja, J. Robbins, J.S. Owen Jr., J.M. Pena-Barragan, A.I. de Castro. – DOI 10.3390/rs11222645 // *Remote sensing*. – 2019. – Vol. 11. – № 22. – P. 2645.

250. Fuentes, S. Artificial Intelligence Applied to a Robotic Dairy Farm to Model Milk Productivity and Quality based on Cow Data and Daily Environmental Parameters / S. Fuentes, C.G. Viejo, B. Cullen, E. Tongson, S.S. Chauhan, F.R. Dunshea. – DOI 10.3390/s20102975 // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20. – № 10. – P. 2975.

251. Fuentes, S. Biometric Physiological Responses from Dairy Cows Measured by Visible Remote Sensing Are Good Predictors of Milk Productivity and Quality through Artificial Intelligence / S. Fuentes, C.G. Viejo, E. Tongson, F.R. Dunshea. – DOI 10.3390/s21206844 // *Sensors*. – 2021. – Vol. 21. – № 20. – P. 6844.

252. Ganeshkumar, C. Artificial intelligence in agricultural value chain: review and future directions / C. Ganeshkumar, S.K. Jena, A. Sivakumar, T. Nambirajan. – DOI 10.1108/JADEE-07-2020-0140 // *Journal of agribusiness in developing and emerging economies*. – 2021.

253. Glotko A.V. Main trends of government regulation of sectoral

digitalization / A.V. Glotko, A.G. Polyakova, M.Y. Kuznetsova, K.E. Kovalenko, R.A. Shichiyakh, M.V. Melnik // *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. – 2020. – T. 7. – № 3. – С. 2181-2195.

254. Good, I.J. Speculations Concerning the First Ultrainelligent Machine / I.J. Good // *Advances in Computers* / Eds. F.L. Alt, M. Rubinoﬀ. – New York : Academic Press, 1965. – № 6. – P. 31–88.

255. Gusev, A. The study of the advantages and limitations, risks and possibilities of applying precision farming technologies / A. Gusev, E. Skvortsov, V. Sharapova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* . – 2022. – 949(1):012019.

256. Gusev, A.S. Identification of the features of the regions that are most preferable for the use of precision farming technologies in agricultural production / A.S. Gusev, E.A. Skvortsov, N.V. Vashukevich. – DOI:10.1051/e3sconf/202022205023 // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)* – 2020. – 222(6):5023.

257. Gusev, A.S. The study of the impact of introduction of precision farming technologies on the main production and economic indicators at agriculture organizations / A.S. Gusev, E.A. Skvortsov, S.A. Volkova // *AIP Conference Proceedings*. – 2022 – Vol. 2661. – Article no. 020012. – URL: <https://doi.org/10.1063/5.0107626>

258. Horak, J. Using artificial intelligence to analyse businesses in agriculture industry / J. Horak. – DOI 10.1051/shsconf/20196101005 // *Innovative economic symposium 2018 – milestones and trends of world economy (IES2018)*. – 2019. – Vol. 61. – № 01005.

259. Huang, H. A fully convolutional network for weed mapping of unmanned aerial vehicle (UAV) imagery / H. Huang, J. Deng, Y. Lan, A. Yang, X. Deng, L. Zhang. – DOI: 10.1371/journal.pone.0196302 // *PLoS ONE*. – 2018. – Vol. 13. – № e019630213

260. Hunter, J. Integration of remote-weed mapping and an autonomous spraying unmanned aerial vehicle for site-specific weed management / J. Hunter, T.W. Gannon, R.J. Richardson, F.H. Yelverton, R.G. Leon // *Pest Management Science*.

– 2020. – Vol. 76. – P. 1386–1392.

261. Karar, M.E. A new mobile application of agricultural pests recognition using deep learning in cloud computing system / M.E. Karar, F. Alsunaydi, S. Albusaymi, S. Alotaibi. – DOI 10.1016/j.aej.2021.03.009 // Alexandria engineering Journal. – 2021. – Vol. 60. – № 5. – P. 4423–4432.

262. Kasinathan, T. Insect classification and detection in field crops using modern machine learning techniques / T. Kasinathan, S. Dakshayani, R. U. Srinivasulu // Information Processing in Agriculture. – 2021. – Vol. 8. issue 3. – P. 446–457. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.09.006>.

263. Kouadio, L. Artificial intelligence approach for the prediction of Robusta coffee yield using soil fertility properties / L. Kouadio, R.C. Deo, V. Byrareddy, J.F. Adamowski, S. Mushtaq, V.P. Nguyen. – DOI: 10.1016/j.compag.2018.10.014 // Computers and electronics in agriculture. – 2018. – Vol. 155. – P. 324–338.

264. Krizhevsky, A. ImageNet classification with deep convolutional neural networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton. – DOI10.1145/3065386 // Communications of the ACM. – 2017. – Vol. 60 (6). – P. 84–90.

265. Kulikov, I. Challenges of enterprise resource planning (ERP) implementation in agriculture / I. Kulikov, A. Semin, E. Skvortsov, N. Ziablitskaia, E. Skvortsova // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2020. – Vol. 7(3). – P. 1847–1857. – URL: [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3\(27\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3(27)).

266. Li, Y.K. Analysis of soil erosion characteristics in small watersheds with particle swarm optimization, support vector machine, and artificial neuronal networks / Y.K. Li, Y.J. Tian, Z.Y. Ouyang, L.Y. Wang, T.W. Xu, P.L. Yang, H.X. Zhao. – DOI 10.1007/s12665-009-0292-1 // Environmental earth sciences. – 2010. – Vol. 60. – № 7. – P. 1559–1568.

267. Mammadova, N.M. Application of neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system to predict subclinical mastitis in dairy cattle / N.M. Mammadova, I. Keskin. – DOI 10.18805/ijar.5581 // Indian journal of animal research. – 2015. – Vol. 49. – № 5. – P. 671–679.

268. Manyika, J. A future that works: Automation, employment, and

productivity / J. Manyika, M. Chui, M. Miremadi, J. Bughin, K. George, P. Willmott, M.A. Dewhurst. – McKinsey Global Institute, 2017. – 148 p.

269. McCarthy, J. Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence / J. McCarthy, P.J. Hayes // Machine Intelligence / Ed. by B. Meltzer and D. Michie. – Edinburgh: Edinburgh University Press, 1969. – Vol. 4. – P. 463–502.

270. Mehdizadeh, S. Using MARS, SVM, GEP and empirical equations for estimation of monthly mean reference evapotranspiration / S. Mehdizadeh, J. Behmanesh, K. Khalili // Computers and electronics in agriculture. – 2017. – № 139 – P.103–114

271. Melnikov, Y.B. Modeling of Territorial and Managerial Aspects of Robotization of Agriculture in Russia / Y.B. Melnikov, E.A. Skvortsov, N.V. Ziablitskaia A.V. Kurdyumov // Mathematics. – 2022. – Vol. 10. – P. 2540. – URL: <https://doi.org/10.3390/math10142540>.

272. Minsky, M. Computation: Finite and Infinite Machines / M. Minsky. – Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1967. – P. 251–283.

273. Moazenzadeh, R. Assessment of bio-inspired metaheuristic optimisation algorithms for estimating soil temperature / R. Moazenzadeh, B. Mohammad. –i DOI 10.1016/j.geoderma.2019.06.028 // Geoderma. – 2019. – Vol. 353. – P. 152–171

274. Moshou, D. Automatic detection of «yellow rust» in wheat using reflectance measurements and neural networks / D Moshou., C. Bravo, J. West, S. Wahlen, A. McCartney, H. Ramon // Computers and electronics in agriculture. – 2004 – № 44. – P. 173–188.

275. Naylor, C. Build Your Own Expert System / C. Naylor. Book review by Robert McNair // The Statistician. – 1985. – Vol. 34. – № 2. – P. 255.

276. Nosratabadi S. Prediction of Food Production Using Machine Learning Algorithms of Multilayer Perceptron and ANFIS / S. Nosratabadi, S. Ardabili, Z. Lakner, C. Mako, A. Mosavi. – DOI 10.3390/agriculture11050408 // Agriculture-Basel. – 2021. – Vol. 11. – № 5. – P. 408.

277. Pantazi, X.-E. Active learning system for weed species recognition based

on hyperspectral sensing / X.-E. Pantazi, D. Moshou, C. Bravo // Biosystems Engineering. – 2016. – Vol. 146. – P.193–202.

278. Pantazi, X.-E. Detection of biotic and abiotic stresses in crops by using hierarchical self-organizing classifiers / X.E. Pantazi, D. Moshou, R. Oberti, J. West, A.M. Mouazen, D. Bochtis // Precision Agriculture. – 2017. – № 18. – P. 383–393.

279. Pantazi, X.-E. Wheat yield prediction using machine learning and advanced sensing techniques / X.-E. Pantazi, D. Moshou, T.K. Alexandridis, R.L. Whetton, A.M. Mouazen // Computers and electronics in agriculture. – 2016. – Vol. 121. – P. 57–65.

280. Partel, V. Automated vision-based system for monitoring Asian citrus psyllid in orchards utilizing artificial intelligence / V. Partel, L. Nunes, P. Stansly, Y. Arnpatzidis. – DOI 10.1016/j.compag.2019.04.022 // Computers and electronics in agriculture. – 2019. – Vol. 162. – P. 328–336.

281. Petkovic, B. Gross domestic product growth rate analyzing based on price indexes, import and export factors / B. Petkovic, B. BiljanaKuzman, M. Barjaktarevic. – DOI 10.5937/ekoPolj2002405P // Ekonomika poljoprivreda – economics of agriculture. – 2020. – Vol. 67. – № 2. – P. 405–415.

282. Raei, B. Comparative evaluation of the whale optimization algorithm and backpropagation for training neural networks to model soil wind erodibility / B. Raei, A. Ahmadi, M.R. Neyshaburi, M.A. Ghorbani, F. Asadzadeh. – DOI 10.1007/s12517-020-06328-0 // Arabian journal of geosciences. – 2021. – Vol. 14. – № 1. – P. 29

283. Rahmati, O. Machine learning approaches for spatial modeling of agricultural droughts in the south-east region of Queensland Australia / O. Rahmati, F. Falah, K.S. Dayal, R.C. Deo, F. Mohammadi, T. Biggs, D.D. Moghaddam, S.A. Naghibi, D.T. Bui. – DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.134230 // Science of the total environment. – 2019. – Vol. 699(8). – Article no. 134230.

284. Rakhmatulin, I. Deep Neural Networks to Detect Weeds from Crops in Agricultural Environments in Real-Time: A Review / I. Rakhmatulin, A. Kamilaris, C. Andreassen // Remote sensing. – 2021. – № 13. – P. 4486. – URL: <https://doi.org/10.3390/rs13214486>

285. Ramos, P.J. Automatic fruit count on coffee branches using computer vision / P.J. Ramos, F.A. Prieto, E.C. Montoya, C.E. Oliveros // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2017. – Vol. 137. – P. 9–22.
286. Rumelhart, D. E. Learning Representations by Back-Propagating Errors / D.E. Rumelhart, G.E. Hinton, R.J. Williams // *Nature*. – 1986. – Vol. 323 (6088). – P. 533–536
287. Selvaraj, M.G. AI-powered banana diseases and pest detection / M.G. Selvaraj, A. Vergara, H. Ruiz, N. Safari, S. Elayabalan, G. Blomme. – DOI 10.1186/s13007-019-0475-z // *Plant methods*. – 2019. – Vol. 15. – № 1. – P. 92.
288. Semin, A.N. Changes in work heaviness and intensity at farms with robotics / A.N. Semin, E.A. Skvortsov, E.G. Skvortsova. – DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012010 // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Yekaterinburg. – Yekaterinburg, 2022. – P. 012010.
289. Sengupta, S. Identification and determination of the number of immature green citrus fruit in a canopy under different ambient light conditions / S. Sengupta, W.S. Lee // *Biosystems Engineering*. – 2014. – Vol. 117. – P. 51–61
290. Shadrin, D. Enabling Precision Agriculture through Embedded Sensing with Artificial Intelligence / D. Shadrin, A. Menshchikov, A. Somov, M. Fedorov, E. Bornemann. – DOI: 10.1109/TIM.2019.2947125// *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2019.– PP(99):1-1.
291. Simon, H.A. *The Shape of Automation for Men and Management* / H.A. Simon. – New York: Harper & Row, 1965. – 111 p.
292. Skvortsov, E.A. Problems of transformation of social and labour relations in conditions of agriculture robotization / E.A. Skvortsov, A.N. Semin, E.G. Skvortsova // *2nd International Scientific Conference on New Industrialization: Global, National, Regional Dimension (SICNI 2018)*. – 2018. – P. 100–103.
293. Skvortsov, E.A. The development of labour relations in the digital transformation of agriculture / E.A. Skvortsov // *Lecture Notes in Information Systems and Organisation*. 1st. «Digital Transformation and New Challenges – Digitalization of Society, Economics, Management and Education, DSEME 2018». – 2020. – P. 83–90.

294. Stehel, V. Prediction of institutional sector development and analysis of enterprises active in agriculture / V. Stehel, J. Horak, M. Vochozka. – DOI 10.15240/tul/001/2019-4-007 // E & M Ekonomie a management. – 2019. – Vol. 22. – № 4. – P. 103–118.
295. Su, Y. Support vector machine-based open crop model (SBOCM): Case of rice production in China / Y. Su, H. Xu, L. Yan // Saudi journal of biological sciences – 2017. – Vol. 24. – P. 537–547.
296. Sudars, K. Dataset of annotated food crops and weed images for robotic computer vision control / K. Sudars, J. Jasko, I. Namatevs, L. Ozola, N. Badaukis // Data Brief. – 2020. – Vol. 31. – № 105833.
297. Sumarudin, A. Implementation irrigation system using Support Vector Machine for precision agriculture based on IoT / A. Sumarudin, E. Ismantohadi, A. Puspaningrum, S. Maulana, M. Nad. –i DOI 10.1088/1757-899X/1098/3/032098 // 5th Annual applied science and engineering conference (AASEC 2020). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1098. – № 032098
298. Sun, Y. The Full-Field Path Tracking of Agricultural Machinery Based on PSO-Enhanced Fuzzy Stanley Model / Y. Sun, B. Cui, F. Ji, X. Wei, Y. Zhu // Applied Science. – 2022. – Vol. 12. – № 7683. – URL: <https://doi.org/10.3390/app12157683>
299. Thenmozhi, K. Crop pest classification based on deep convolutional neural network and transfer learning / K. Thenmozhi, U. Srinivasulu // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Vol. 164. – № 104906. –URL: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104906>.
300. Vijayakumar, V. Artificial intelligence-based agriculture automated monitoring systems using WSN / V. Vijayakumar, N. Balakrishnan // Journal of ambient intelligence and humanized computing. – 2021. – Vol. 12. – P. 8009–8016. – URL: <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02530-w>.
301. Vorotnikov, I.L. Economic aspects of the development of the «Digital Agriculture» / I.L. Vorotnikov, N.V.Ukolova, S.V. Monakhov, J.A. Shikhanova, V.V. Neyfeld // Scientific papers-series management economic engineering in

agriculture and rural development. – 2020. – Vol. 20. – № 1. – P. 633–638.

302. Waleed, M. Classification of Agriculture Farm Machinery Using Machine Learning and Internet of Things / M. Waleed, T.-W. Um, T. Kamal, S. Muhammad Usman // Symmetry. – 2021. – Vol. 13. – P. 403. – URL: <https://doi.org/10.3390/sym13030403>.

303. Werbos, P.J. Beyond regression: new tools for prediction and analysis in the behavioral sciences / P.J. Werbos // National science Foundations. – 1974. – 36 p.

304. Xia, D. Insect Detection and Classification Based on an Improved Convolutional Neural Network Sensors (Basel) / D Xia., P. Chen, B. Wang, J. Zhang, C. Xie. – DOI10.3390/s18124169 // Sensor. – 2018 – Vol. 18. – P. 4169.

305. Yaseen, Z.M. Stream-flow forecasting using extreme learning machines: A case study in a semi-arid region in Iraq / Z.M. Yaseen, O. Jaafar, R.C. Deo, O. Kisi, J. Quilty, A. El-Shafie. – DOI 10.1016/j.jhydrol.2016.09.035 // Journal of hydrology. – 2016. – Vol. 542. – P. 603–614.

306. Zheng, Y. CropDeep: The Crop Vision Dataset for Deep-Learning-Based Classification and Detection in Precision Agriculture / Y. Zheng, J. Kong, X. Jin, X. Wang // Sensors. – 2019. – Vol. 19. – № 1058.

307. Zichao, J.A. Novel Crop Weed Recognition Method Based on Transfer Learning from VGG16 Implemented by Keras / J.A. Zichao // IOP Conference Series Materials Science. – 2019. – Vol. 677. – № 032073.

Техника по дифференцированному посеву, опрыскиванию сорняков,
внесению удобрений в Калужской области (фрагмент)

Хозяйства Калужской области, использующие элементы точного сельского хозяйства.					
Точное земледелие					
№ п/п	Наименование хозяйства	Используемые элементы			Год приобретения
		Наименование	Модель	Количество	
16	ИП Глава КФХ Козлов В.А.	Трекер	АвтоГРАФ- GSM	20	2014
17	ООО "БМК Мироторг"	Трекер	Глонасс Виалон	10	2014
4. Дифференцированное опрыскивание сорняков					
1	АО "Кривское"	Трекер на опрыскивателе	Глонасс ADM 50	1	2014
2	ООО "Агрофирма "Детчинское"	Трекер на опрыскивателе	JD M740	1	2014
3	ООО "Калужская Нива Запад"	Трекер на опрыскивателе	KVERNELAND Ixtrack C60	1	2013
		Трекер на опрыскивателе	JD M740	3	2013
4	ООО "АгроФирма Мещовская"	Трекер на опрыскивателе	Lemken Альбатрос 9/5000	1	2014
		Трекер на опрыскивателе	UX 5200 SUPER	1	2014
5. Дифференцированное внесение удобрений					
1	ООО "Агрофирма "Детчинское"	Трекер на распределителе удобрений	RAUCH Axis M30.2Q	1	2014
2	ООО "Калужская Нива Запад"	Трекер на распределителе удобрений	KVERNELAND Exacta - CL 1100 GEO	2	2013
		Трекер на распределителе удобрений	KVERNELAND Exacta TL3450 GEO	2	2013
3	ООО "АгроФирма Мещовская"	Трекер на распределителе удобрений	ZGB 8200	1	2014
6. Дифференцированный посев					
1	ООО "Калужская Нива Запад"	Трекер на сеялке	VADERSTAD TPL 16	1	2013
2	ООО "АгроФирма Мещовская"	Трекер на сеялке	Lemken Soliter 12-900	1	2014
		Трекер на сеялке	Primera DMS 9000	1	2014

Примечание – По данным Министерства сельского хозяйства Калужской области.

Техника по дифференцированному посеву, опрыскиванию сорняков,
внесению удобрений в Архангельской области (фрагмент)

Информационная форма о внедрении технологий точного земледелия
и робототехники в сельском хозяйстве региона
Внедрение технологий точного земледелия в Архангельской области

Наименование организации	Наименование техники, оборудования (марка, модель)	Сфера применения	Количества, шт	Год приобретения
ООО «Устьянская молочная компания»	GOOGLE Earth Pro	Оцифровка полей	1	н/д
	ГЛОНАСС/GPS Omnicomm Online	Спутниковый мониторинг транспортных средств	106	н/д
	Опрыскиватель HARDI RANGER 2200	Дифференцированное опрыскивание сорняков	1	н/д
	Разбрасыватель удобрений Amazone ZG-B 8200	Дифференцированное внесение удобрений	2	н/д
	Разбрасыватель удобрений BOGBALLE L2	Дифференцированное внесение удобрений	2	н/д
	Посевной комплекс Lemken Solitair	Дифференцированный посев	2	н/д
	Посевной комплекс Amazone Cirrus	Дифференцированный посев	2	н/д
	Плуг Kverneland	Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	1	н/д
	Плуг Lemken	Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	3	н/д
	Дискатор Catros	Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	2	н/д
	Дискатор Lemken	Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	1	н/д
	Культиватор Lemken Korund 8	Дифференцированная обработка почвы по	2	н/д

Примечание – По данным Министерства агропромышленного комплекса и торговли Архангельской области.

Приложение В

Анкетирование руководителей и специалистов организаций сельского хозяйства «Искусственный интеллект» AI (ИИ)

1. Укажите Ваш пол _____
2. Укажите Ваш возраст _____
3. Образование (специалист, бакалавр, магистр, ученая степень) _____
4. Укажите размеры Вашей организации по количеству работающего персонала, чел.
0–15 _____ 16–100 _____ 101– 250 _____ более 250 _____
5. Укажите размеры Вашей организации по выручке от реализации сельскохозяйственной продукции, тыс. руб.
0–120 _____ 120–800 _____ 801–2000 _____ 2001 и более _____
6. В каких областях сельского хозяйства, по Вашему мнению, может быть применен искусственный интеллект? (выберите три варианта)
 - А. Благополучие животных (идентификация животных, классификация поведения животных).
 - В. Производство продукции животноводства (формирование рациона в зависимости от состояния животных, прогнозирование продуктивности).
 - С. Прогнозирование урожайности, оценка биомассы пастбищ, распознавание зрелых и незрелых овощей и фруктов.
 - Д. Классификации для обнаружения трав и сорняков.
 - Е. Выявление и диагностика болезней растений, выявление азотного стресса и т.д.
 - Ф. Управление земельными ресурсами (определение температуры, влажности и состояния почвы).
 - Г. Управление водными ресурсами (прогноз испарения, прогноз уровня осадков).
 - Н. Прогноз погоды (улучшение точности прогноза температуры).
 - И. Другое (свой вариант) _____
7. Как Вы думаете, насколько технологии искусственного интеллекта могут повлиять на сельское хозяйство в ближайшие несколько лет?
 - А. Кардинально.
 - В. Существенно.
 - С. Незначительно.
 - Д. Не окажет влияние.
 - Е. Другое (свой вариант) _____
8. Ожидаете ли Вы, что искусственный интеллект значительно повлияет на рабочие места в сельском хозяйстве в ближайшие несколько лет?
 - А. Будет значительное сокращение рабочих мест.
 - В. Появятся новые рабочие мест (программисты и т.д.).
 - С. И то и другое – искусственный интеллект обязательно вызовет снижение занятости низкоквалифицированного (ручного) труда и создаст рабочие места в интеллектуальной сфере.
 - Д. Никаких изменений не произойдет.
 - Е. Другое (свой вариант) _____
9. Как Вы думаете, в каких сферах применение искусственного интеллекта может оказать наиболее значительное влияние на вашу организацию (выберите три варианта)?
 - А. Сокращение расходов.
 - В. Обогнать конкурентов.
 - С. Повысить производственные показатели.
 - Д. Оптимизация выполняемых процессов.
 - Е. Снижение финансовых рисков.

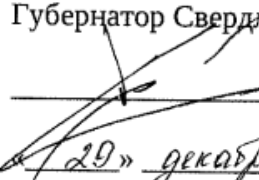
- F. Экономия времени.
 - G. Повышение производительности труда.
 - H. Снижение кадровых рисков.
 - I. Другое (свой вариант) _____
10. Как бы Вы определили готовность вашей организации к применению ИИ?
- A. Не интересует в настоящее время.
 - B. Есть понимание необходимости, но не предпринимаем активных действий в настоящее время, есть другие приоритеты.
 - C. Есть понимание необходимости, осуществляем активный поиск поставщиков, сравниваем технологии ИИ между собой.
 - D. Есть бизнес-план, ведем переговоры с поставщиками.
 - E. Уже используем и будем расширять применение ИИ.
11. Каковы основные проблемы в применения технологий ИИ в вашей организации (выберите три варианта)?
- A. Высокая стоимость технологий ИИ.
 - B. Отсутствие свободных денежных средств.
 - C. Низкий уровень общей культуры.
 - D. Недостаточная заинтересованность высшего руководства.
 - E. Низкая отдача от инвестиций в технологии ИИ.
 - F. Отсутствие подходящих поставщиков технологий ИИ.
 - G. Быстрые изменения в технологиях.
 - H. Недостаточно квалифицированного персонала.
 - I. Ориентация на традиционные (простые) технологии.
 - J. Другие приоритеты.
 - K. Другое (свой вариант) _____
12. Как Вы думаете, что может помочь преодолению этих проблем?
- A. Увеличение информации о рынке поставщиков технологий ИИ.
 - B. Тематические (Министерство науки и образования) исследования по ИИ.
 - C. Отраслевые (Министерство сельского хозяйства) исследования ИИ.
 - D. Увеличение субсидий на приобретение технологий ИИ.
 - E. Повышение квалификации персонала.
 - F. Другое (свой вариант) _____
13. Могут ли технологии ИИ повысить прибыль (рентабельность) Вашей организации?
- A. Да.
 - B. Нет.
 - C. Затрудняюсь ответить.
14. Если да, то насколько это повысит рентабельность?
- A. Незначительно.
 - B. 5–9%.
 - C. 10–14%.
 - D. 15–20%.
 - E. Более 20%.
 - F. Затрудняюсь ответить.
15. Назовите (опишите) понятие «искусственный интеллект» (дайте свое определение).
16. Приведите пример применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Приложение Г

Стратегия в области цифровой трансформации отраслей экономики,
социальной сферы и государственного управления Свердловской области
от 29 декабря 2022 г. (фрагмент)

УТВЕРЖДАЮ

Губернатор Свердловской области

 Е.В. Куйвашев

29» декабря 2022 года

Стратегия *№ 01-01-48/112*
в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы
и государственного управления Свердловской области

Оглавление:

1. Раздел «Основные положения»	3
1.1. Основания разработки	3
1.2. Перечень внедряемых отечественных технологий	7
1.3. Особенности реализации Стратегии	8
2. Раздел «Карточка стратегии (краткое содержание)»	9
3. Раздел «Приоритеты, цели и задачи цифровой трансформации»	13
3.1. Цель цифровой трансформации	13
3.2. Задачи цифровой трансформации	13
4. Раздел «Проблемы и вызовы цифровой трансформации»	15
4.1. Образование и наука	15
4.2. Здравоохранение	17
4.3. Развитие городской среды	19
4.4. Транспорт и логистика	20
4.5. Государственное управление	20
4.6. Социальная сфера	23
4.7. Промышленность	24
4.8. Экология и природопользование	25
4.9. Безопасность	26
4.10. Связь	27
4.11. Сельское хозяйство	27
4.12. Туризм	28
4.13. Кадровое обеспечение цифровой экономики	28
5. Раздел «Взаимосвязь задач и проектов стратегии»	30
6. Раздел «Проекты развития отрасли»	71
7. Раздел «Показатели развития отрасли»	158
8. Раздел «Ресурсное обеспечение реализации стратегии»	188
8.1. Участники реализации стратегии	188
8.2. Финансовое обеспечение	188

4.11. Сельское хозяйство

Перечень проблем текущего состояния отрасли (направления), решаемых при цифровизации:

- 1) средний уровень качества сельхозпродукции в силу природных и климатических условий региона,
- 2) отсутствие точного земледелия, подразумевающего использование большого числа цифровых решений для управления почти всеми аспектами растениеводства, вплоть до определения оптимального времени сбора урожая,
- 3) высокий процент предприятий использует устаревшие бизнес-процессы и производственные стандарты, отсутствие финансовых средств у сельскохозяйственных товаропроизводителей для внедрения цифровых технологий, систем точного земледелия и (или) их элементов,
- 4) отсутствие квалифицированного персонала способного решать вопросы цифровизации сельскохозяйственных угодий на уровне муниципальных образований.

Вызовы развития отрасли (направления):

- 1) повышение конкурентоспособности производимой продукции сельского хозяйства с помощью развития и применения цифровых технологий,
 - 2) существенное повышение эффективности использования сельскохозяйственных угодий, увеличение производства сельхозпродукции, обеспечение продовольственной безопасности Свердловской области,
 - 3) существенное повышение эффективности использования сельскохозяйственных угодий, увеличение налоговых поступлений в виде земельного налога в бюджеты муниципальных образований, расположенных на территории Свердловской области,
 - 4) автоматизация учета земель сельскохозяйственного назначения.
- Общие вызовы формируют ряд стратегических рисков, среди которых наиболее значимы:
- 1) отсутствие рынков сбыта сельскохозяйственной продукции,
 - 2) ограниченный доступ сельхозтоваропроизводителей к цифровым технологиям и оборудованию,
 - 3) отсутствие специалистов среди сельскохозяйственных товаропроизводителей, технической возможности для ведения учета в сфере сельского хозяйства, бухгалтерского учета в информационных системах, ИТ-специалистов для обеспечения процессов цифровизации сельского хозяйства.

Раздел 6. Проекты развития отрасли.

Наименование проекта	Цель проекта	Срок реализации/финансирование	Краткое описание проекта	Сквозные цифровые технологии	Роль региона в реализации проекта
Мониторинг сельскохозяйственных земель	Создание систем и методов автоматизированного планирования оптимального	До 2025 года проект реализуется при заключении соглашения с Министерством	Автоматизированный анализ мультиспектральных данных дистанционно	Не предусмотрено	Представления регионального опыта разработка и внедрение разработанного продукта

	использовани я земель в сельском хозяйстве	м сельского хозяйства РФ	го зонирования Земли		
Внедрение системы точного земледелия	Повышение качеств обработки земель	До 2025 года проект реализуется при заключении соглашения с Министерство м сельского хозяйства РФ	Предоставлен ие точного спутникового сигнала GPS для систем и элементов точного земледелия, применяемых сельскохозяйс твенными производител ями, как бесплатно так и платно с возможность ю получения более точного сигнала с меньшей погрешность ю	Не предусмо трено	Представления регионального опыта разработка и внедрение разработанного продукта
Системы мониторинг а и контроля качественно го состояния земель сельскохозя йственного назначения	Создание систем и методов автоматизиро ванного проектирован ия организации рациональног о использовани я и охраны земель сельскохозяйс твенного назначения	До 2025 года проект реализуется при заключении соглашения с Министерство м сельского хозяйства РФ	Разработка системы интеллектуал ьного анализа данных и прогнозирована ция цифрового сельского хозяйства	Не предусмо трено	Представления регионального опыта разработка и внедрение разработанного продукта
Мониторинг известкова ния	Прозрачное а также эффективное проведение работ по известкование кислых почв	До 2025 года проект реализуется при заключении соглашения с Министерство м сельского хозяйства РФ	Разработка системы качества работ по известковани ю кислых почв на полях путем отслеживания техники по	Не предусмо трено	Представления регионального опыта разработка и внедрение разработанного продукта

			вывозу, а также внесению извести		
--	--	--	---	--	--