

16. СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Курганская Е.Д., Фроленко Д.В. студенты гр.274004, 274003

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Ефремов А.А. – канд. экон. наук, доцент каф. ЭИ

Аннотация. Рост населения, урбанизация и дефицит ресурсов усиливают давление на агропродовольственный сектор. Для достижения устойчивого развития необходима цифровая трансформация сельского хозяйства. Работа рассматривает ключевые технологии – Big Data, ИИ, IoT, блокчейн и цифровые двойники – и их потенциал в решении проблем эффективности, экологичности и продовольственной безопасности. Отмечены преимущества точного земледелия и "умных" ферм, а также барьеры цифровизации: высокая стоимость, нехватка кадров и сопротивление изменениям. Анализируются стратегические подходы к цифровой трансформации предприятий.

Ключевые слова. Цифровизация, сельское хозяйство, устойчивое развитие, цифровая трансформация, агропродовольственный сектор, Big Data, искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн, цифровые двойники, точное земледелие, умные фермы, продовольственная безопасность, стратегическое управление, барьеры цифровизации, конкурентоспособность, сельские территории.

Сфера продовольствия и сельского хозяйства сталкивается с множеством вызовов. Ожидаемый рост численности населения приведёт к значительному увеличению спроса на продукты питания. Однако при этом ресурсы, такие как пресная вода и плодородные земли, становятся всё более дефицитными. Кроме того, такие факторы, как стремительная урбанизация, существенно влияют на структуру производства и потребления продуктов. Агропродовольственный сектор остаётся ключевым элементом обеспечения занятости и средств к существованию для многих людей.

Для достижения к 2030 году одной из Целей ООН в области устойчивого развития, направленной на искоренение голода, необходимо создать более продуктивные, эффективные, устойчивые, инклюзивные, прозрачные и устойчивые к внешним факторам продовольственные системы. Это требует срочного преобразования нынешних агропродовольственных структур [1]. Частично решение поставленной задачи могут обеспечить цифровые инновации и технологии.

Технологический прогресс, особенно в сфере цифровых технологий, кардинально меняет отрасли, рынки и общество. Сегодня цифровые решения играют ключевую роль в разработке, производстве и сбыте товаров и услуг из различных отраслей и секторов экономики.

Будущее экономики в целом зависит от цифровизации и проблемы сельской среды, как территориальные, так и секторальные, должны решаться с помощью цифровой адаптации, если мы хотим достичь, соответственно, живой, динамичной и населённой сельской среды и конкурентоспособного и устойчивого в экономическом, социальном и экологическом плане сектора, который является частью решения проблемы депопуляции и способствует созданию рабочих мест в сельских районах.

Можно выделить ряд перспективных технологий, обладающих высоким потенциалом для удовлетворения современных потребностей различных сегментов агропромышленного комплекса и формирования его цифровой экосистемы:

1 Решения в области Big Data. Big Data, или большие данные, – это огромные массивы информации, которые постоянно пополняются и хранятся как в обработанном, так и в сыром виде для дальнейшего анализа.

2 Искусственный интеллект (AI) – наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ [2].

3 Машинное обучение (ML) – это раздел искусственного интеллекта, который занимается разработкой алгоритмов и моделей, способных обучаться на основе данных и самостоятельно улучшать свою работу без явного программирования [3].

4 Роботизация и интернет вещей (IoT). Концепция Интернета вещей (IoT) предполагает, что большинство устройств, которые используются людьми, будут оснащены микроконтроллерами для управления их функциями, а также сетевыми интерфейсами для обмена цифровыми данными и взаимодействия между собой [4]. Совместное использование роботизации и интернета вещей предоставляет возможности для автоматизации технологических процессов, мониторинга и управления производством с помощью специализированного оборудования, включая беспилотные летательные аппараты, сенсоры, различные измерительные приборы и программное обеспечение.

5 Технологии блокчейна. Блокчейн – это распределённый реестр, обеспечивающий способ записи информации и совместного использования сообществом, в котором каждый участник ведёт свою собственную копию информации, все участники должны проверять любые обновления коллективно. Информация может представлять собой транзакции, контракты, активы, идентификационные данные или практически всё остальное, что может быть описано в цифровой форме [5].

6 Технология цифровых двойников, позволяющая формировать виртуальные модели всего производственного процесса и связанных с ним элементов цепочки создания стоимости, что способствует более точному анализу и оптимизации операций.

При цифровой трансформации деятельности компании важно придерживаться системного подхода, поскольку несогласованное внедрение технологий может не только не дать ожидаемых результатов, но и негативно повлиять на работу организации. Можно выделить два кардинально разных подхода к осуществлению этого процесса:

1 В соответствии с первым подходом, организация осуществляет подбор цифровых решений, максимально соответствующих её потребностям. Этот процесс начинается с детального анализа текущей деятельности предприятия, выявления проблемных зон и аспектов бизнес-модели, требующих незамедлительной оптимизации (например, производственные процессы). Такой подход можно представить как модель "бизнес - технологии", которая предполагает интеграцию процессов цифровой трансформации в стратегию развития компании.

2 Во втором подходе в первую очередь выбираются технологии, а затем определяется, в каких компаниях и сегментах их бизнес-моделей они могут быть применены наиболее эффективно. Здесь отправной точкой выступают инновационные решения, а сама организация рассматривается как платформа для их внедрения. Данный метод можно описать схемой «технологии – компания» [6].

Традиционно воспринимаемое как деятельность, основанная на традиционных методах, сельское хозяйство претерпевает значительные изменения в результате внедрения цифровых инноваций. Эта трансформация не только способствует повышению эффективности и производительности, но и может открыть новые возможности для решения таких проблем, как экологическая устойчивость, глобальная конкуренция и колебания цен на сельскохозяйственную продукцию.

Цифровизация в сельском хозяйстве сулит различные преимущества, выходящие за рамки простого улучшения производства. Во-первых, это позволяет более эффективно и устойчиво использовать природные ресурсы, что крайне важно в условиях изменения климата. С помощью интеллектуальных ирригационных систем работники сельскохозяйственного сектора могут оптимизировать водопользование, обеспечивая эффективное использование каждой капли. Аналогичным образом, использование удобрений и фитосанитарных средств может быть скорректировано в зависимости от конкретных потребностей каждого участка, что снизит воздействие на окружающую среду и приведёт к улучшению качества почвы в долгосрочной перспективе. Другим важным аспектом является безопасность пищевых продуктов. Такие технологии, как блокчейн, позволяют детально отслеживать путь сельскохозяйственной продукции от семян до конечного потребителя, что повышает прозрачность и доверие в цепочке поставок. Кроме того, автоматизация и роботизация позволяют эффективно выполнять традиционно трудоёмкие задачи более эффективно, снижая затраты и сводя к минимуму человеческие ошибки.

Несмотря на ощутимые преимущества, которые даёт цифровизация, внедрение этих технологий в сельскохозяйственном секторе может сталкиваться с серьёзными проблемами. Одним из основных препятствий является сопротивление изменениям, распространённое препятствие в секторах с давними традициями и устоявшимися методами. Многие работники сельского хозяйства, особенно пожилые или менее технически подготовленные, могут скептически относиться к внедрению новых инструментов либо из-за незнания, либо из-за недоверия к преимуществам, которые они действительно могут получить.

Обучение является ещё одним ключевым фактором, ограничивающим внедрение цифровой трансформации. Внедрение передовых технологий требует определенного уровня знаний и навыков, которыми обладают не все люди в сельскохозяйственном секторе.

Возврат инвестиций – ещё один важный аспект. Хотя теоретически цифровизация может привести к экономии и повышению прибыльности, первоначальные инвестиции в технологии не всегда доступны. Для многих небольших хозяйств стоимость приобретения современного оборудования, например, системы управления на основе искусственного интеллекта, может быть непомерно высокой, особенно если нет чёткой стратегии по максимальному использованию. Кроме того, неопределенность, которая касается времени, необходимого для окупаемости инвестиций, удерживает от перехода на цифровизацию [7].

Хотя за последние годы технологическая среда многих сельскохозяйственных предприятий претерпела значительные изменения, процесс цифровизации в отрасли по-прежнему носит фрагментарный и несистемный характер. Компании находятся на разных этапах технологического прогресса, что приводит к различию в степени готовности к внедрению инновационных ИТ-решений.

Основные векторы развития сельского хозяйства в эпоху цифровизации включают:

1 Цифровое управление АПК – разработка и внедрение аналитических инструментов и специализированных баз данных для программного, аппаратного и информационного сопровождения агропромышленного комплекса.

2 «Умное» землепользование – создание и применение цифровых решений для оптимизации агроландшафтов и эффективного использования земель с применением дистанционных, геоинформационных технологий и компьютерного моделирования.

3 «Умное» поле – внедрение инновационных технологий мониторинга и обработки данных о почве, растениях и окружающей среде для повышения урожайности и стабильности сельскохозяйственного производства.

4 «Умная» теплица – разработка комплексных технологий тепличного хозяйства на базе интернета вещей, позволяющих повысить продуктивность растениеводства в закрытом грунте, улучшить качество субстратов и удобрений, а также внедрить передовые системы контроля микроклимата, освещения и энергоснабжения.

5 «Умная» ферма – цифровизация животноводческого сектора с целью повышения его независимости и конкурентоспособности, внедрение технологий для увеличения молочной продуктивности, снижения заболеваемости животных и оптимизации энергозатрат, а также создания безопасных и качественных продуктов питания.

6 Сквозные технологии и исследовательские инициативы – формирование отраслевой цифровой платформы для координации исследовательских и образовательных программ, а также реализации пилотных и коммерческих проектов в сфере цифровизации АПК [8].

По мнению экспертов, наибольшим потенциалом обладают технологии мониторинга и управления техникой и технологии точного земледелия («умное» поле). Основная задача данной концепции – повышение объемов и качества урожая при одновременном снижении затрат на энергоресурсы и материалы, а также минимизация негативного влияния на окружающую среду [9]. Это становится возможным благодаря внедрению геоинформационных систем (ГИС), дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и GPS-технологий. Информация, полученная с полей, преобразуется в электронные карты, позволяющие корректировать технологические операции в течение сельскохозяйственного сезона, рассчитывать необходимый объем посевного материала, отслеживать рост и развитие растений, контролировать работу техники, процесс уборки урожая, расход топлива и рациональность использования рабочего времени. Базовые станции на угодьях собирают данные и передают отчеты на мобильные устройства специалистов.

Помимо снижения расходов и повышения урожайности, точное земледелие способствует выравниванию физических и агрохимических характеристик почвы, а также формированию оптимальной формы поля, упрощающей проведение агротехнических работ.

Сельскохозяйственные роботы подразделяются на три основные категории: автоматизированные системы для контроля вегетации, технологии управления молочными фермами, а также беспилотные транспортные средства и дроны [10].

Датчики, установленные на сельскохозяйственную технику, с помощью различных сигналов способны контролировать состояние растений, выявлять необходимость внесения удобрений и средств защиты, а также оценивать потенциальную урожайность.

Для учета поголовья животных и повышения эффективности селекционных работ применяются технологии GPS и радиочастотной идентификации (RFID). Автоматизированные и роботизированные доильные системы с мониторингом качества молока и состояния животных способствуют снижению заболеваемости коров на 25–30%, а также увеличивают срок их продуктивного использования до 4–5 лактаций. Внедрение роботизированных решений для приготовления и распределения кормосмесей с

возможностью точного дозирования высокоэнергетических компонентов для разных половозрастных групп, по мнению экспертов, может повысить надои на 30–40%.

Оснащение тракторов беспилотными системами снижает влияние человеческого фактора, предотвращает наложение обработанных участков, избыточное использование удобрений и химикатов, а также минимизирует риски хищения топлива и зерна.

Для обеспечения сохранности сырья во время его сбора и транспортировки применяются специальные датчики, которые позволяют полностью контролировать его местоположение и массу. В режиме реального времени заданные алгоритмы отслеживают условия хранения продукции, включая температуру, влажность и уровень углекислого газа, что способствует своевременному принятию оптимальных решений [11].

Технологии Big Data тесно связаны с данной областью, поскольку все процессы сопровождаются сбором и обработкой больших объемов данных, поступающих с датчиков и сенсоров. Эти данные могут быть неструктурированными и разнородными, что требует надежных методов их анализа для формирования точных прогнозов и выработки эффективной стратегии ведения сельского хозяйства.

В сельском хозяйстве предприятия сталкиваются с разными задачами и условиями, поэтому важно выбрать цифровую стратегию, которая максимально соответствует их потребностям. Основываясь на операционных моделях, предложенных Питером Вайлем, можно выделить четыре ключевых стратегии цифровизации:

1 Координационная: эта стратегия подходит для агрохолдингов и кооперативов, где отдельные подразделения работают автономно, но требуют обмена данными о сельскохозяйственных операциях, поставках и рынке. Она способствует укреплению связей между хозяйствами и перерабатывающими предприятиями, но может усложнять управление и повышать затраты на стандартизацию.

2 Диверсификационная: если сельскохозяйственные предприятия имеют разные специализации (например, растениеводство, животноводство). Каждое направление может развиваться независимо, внедряя инновации с учетом специфики производства. Недостатком является сложность создания единой системы учета и контроля.

3 Репликационная: эффективна, когда фермерские хозяйства используют схожие технологии и методики. Внедрение единых цифровых решений, например, автоматизированного мониторинга полей или управления поголовьем скота, повышает эффективность и упрощает контроль. Однако это может ограничить гибкость в адаптации к специфическим условиям отдельных хозяйств.

4 Унифицированная: данная стратегия обеспечивает централизованное управление, интеграцию данных и автоматизацию процессов на всех уровнях для крупных агрохолдингов, работающих по единым стандартам. Это повышает эффективность, но может снизить способность к быстрой адаптации под региональные особенности, такие как климатические или рыночные условия [12].

С каждым годом всё больше белорусских предприятий осваивают производство техники, оснащенной элементами точного земледелия. В числе таких разработок – разбрасыватели минеральных удобрений, выпускаемые ОАО «Щучинский ремонтный завод», трактор «Беларус-3522» с бортовым компьютером, трактор «Беларус-4522», оснащенный системой «Автопилот», а также опрыскиватели РОСА и ОВС-4224, позволяющие вносить карбамидо-аммиачную смесь с учетом данных карты поля. Также зерноуборочный комбайн «Палессе» GS2124, выпускаемый ОАО «Гомсельмаш», оснащён электронной системой точного земледелия. Её применение способствует увеличению производительности на 10–30%, сокращению топливных затрат, снижению времени, затрачиваемого операторами на управление техникой, а также повышению эффективности работы за счет уменьшения перекрытий [13].

В Республике Беларусь ведется разработка технологии использования дронов в сельском хозяйстве. Например, в «Белагросервисе» с 2023 года эти устройства начали применять для малообъемного опрыскивания посевов, сочетая передовые агротехнологии и авиационные разработки. В Беларуси студия ландшафтного дизайна «Dreamland» занимается производством «умных» теплиц. Эти современные конструкции оснащены автоматизированными системами полива, туманообразования, отопления и вентиляции, что обеспечивает оптимальные условия для выращивания растений.

Мировой опыт и практика ведущих отечественных сельхозпроизводителей подтверждают, что внедрение современных цифровых технологий способствует созданию оптимальных почвенно-агротехнических и организационно-территориальных условий. Это позволяет на всех этапах производства значительно повысить урожайность, увеличить производительность труда, сократить затраты на топливо, электроэнергию, средства защиты растений, оплату труда и другие ресурсы, а также сохранить плодородие почвы и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Список использованных источников:

1. Трендов, Н. Цифровые технологии на службе сельского хозяйства и сельских районов : справочный документ / Н. Трендов, С. Варас, М. Цзэн. – Рим : Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2019. – 18 с.
2. Tadviser [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.tadviser.ru/>.
3. Server space [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://serverspace.ru/about/blog/>.
4. Вишняков, В. А. Специализированные IoT-сети: модели, структуры, алгоритмы, программно-аппаратные средства = Specialized IoT systems: Models, Structures, Algorithms, Hardware, Software Tools / В. А. Вишняков. – Минск: БГУИР, 2023. – 184 с.
5. Вишняков, В. А. Использование технологии блокчейн в образовании / В. А. Вишняков, Д. А. Качан. // Веснік сувязі. – 2023. – №2. – с. 42–45.
6. Гарифуллин, Б. М. Цифровая трансформация бизнеса: модели и алгоритмы / Б. М. Гарифуллин, В. В. Зябриков // Креативная экономика. – 2018. – №9. – С. 1345–1357.
7. Труфляк, Е. В. Цифровые технологии в сельском хозяйстве и городской среде / Е. В. Труфляк. – СПб. : Лань, 2024. – 448 с.
8. Советникова, О. П. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве Республики Беларусь / О. П. Советникова // Секция 3. – Витебск. : Витебский государственный технологический университет, 2021. – с. 133–135.
9. Небышинец, А. В. Цифровые технологии и их применение в сельском хозяйстве Республики Беларусь / А. В. Небышинец // 60-я Юбилейная Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР Минск 2024 «Актуальные вопросы экономики и информационных технологий» : сборник материалов докладов. – Минск : БГУИР, 2024. – с. 728–729.
10. Букова, А. А. Внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве / А. А. Букова, А. А. Алетдинова // Информационные технологии в образовании, науке и производстве [Электронный ресурс] : материалы научно-технической интернет-конференции, Минск, 21-22 ноября 2022 г. / сост. М. Г. Карасёва. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 228-233.
11. Радченко, Н. Цифровая трансформация аграрного сектора Беларуси / Н. Радченко, Е. Соколовская, С. Радченко // Экономика сельского хозяйства. – 2021. – №4. – с. 50–59.
12. Estrategias digitales: tipos, ejemplos y cómo diseñarlas [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://strategicplatform.com/articulos/los-5-tipos-principales-de-estrategias-digitales>.
13. Сельское хозяйство в Республике Беларусь [Электронный ресурс] / НАИП. – Режим доступа : <https://investinbelarus.by/pdf>.