УДК [631.152:633/635]:004
EDN: https://elibrary.ru/KZORXU

А. Д. Клюкин

Повышение качества принятия управленческих решений в агрономических службах сельскохозяйственных предприятий на основе использования цифровых технологий и автоматизации[1]

В современных условиях хозяйствования для повышения уровня принятия управленческих решений специалистами агрономической службы наиболее оптимальным вариантом является использование цифровых технологий и автоматизированных программ, что позволит получать наиболее точную и своевременную информацию по биологическим характеристикам и свойствам сельскохозяйственных растений и почвы, а также в разрезе экономических показателей – увеличение прибыли и выручки.

Ключевые слова: *цифровые технологии; автоматизация; организация АПК; управленческие решения; эффективность.*

A. D. Klyukin

Increasing the quality of managerial decision-making in agronomical services of agricultural enterprises based on the use of digital technologies and automation

In modern economic conditions, in order to increase the level of managerial decision-making by specialists of the agronomical service, the best option is to use digital technologies and automated programs, which will allow to receive the most accurate and timely data both on the biological characteristics and properties of agricultural plants and soil, as well as in the context of economic indicators – increase in profits and revenue.

Key words: *digital technologies; automation; organization of Agro-Industrial Complex; managerial decision-making; efficiency.*

[1] Подготовлено в рамках выполнения НИР 7.3.3 «Разработка экономических механизмов и исследование факторов эффективного развития крупнотоварных агропромышленных предприятий, обеспечивающих рациональные специализацию и размещение производства, наращивание объемов выпуска продукции и оптимизацию затрат» (№ ГР 20211033).

Введение

В целях повышения производительности сельское хозяйство прошло путь от возделывания полей и культивации растений, использования удобрений и средств механизации к автоматизации производства. Наступил новый технологический этап – внедрение цифровых технологий и автоматизированных программ для агрономических служб.

За традиционным повышением производительности, качества продукции, сокращением производственных потерь и энергоемкости открываются новые перспективы: цифровой сбор данных о состоянии посевных площадей и животных с возможностью их детализации до конкретного участка поля и животного в режиме реального времени, расчет схемы внесения удобрений и средств защиты растений, внедрение «умной» сельскохозяйственной техники, применение технологий искусственного интеллекта, использование в работе автоматизированных программ для более точного отражения информации. Таким образом, актуальность данной проблемы не только существует, но и возрастает в связи с возникновением новых условий.

Материалы и методы

Теоретической базой для данного исследования послужили работы отечественных и зарубежных авторов по вопросам использования цифровых технологий и средств автоматизации в работе агрономической службы. Методология исследования основана на системном подходе с использованием общенаучных методов анализа, синтеза, сравнения и обобщения.

Результаты исследований

На данный момент цифровая трансформация сельского хозяйства предполагает интеграцию цифровых технологий во все сферы сельского хозяйства и переход от механических операций к цифровым процессам. Инновационные технологии помогают сельскохозяйственным организациям оптимизировать производственную деятельность и снижать затраты, повышать эффективность через построение новых бизнес-процессов.

Процесс оцифровки также затронул и представителей агрономической службы. В последнее время агрономы активно применяют IT-технологии в управлении сельским хозяйством для повышения уровня и качества принимаемых управленческих решений (табл. 1).

Исследование показало, что использование цифровых технологий в работе специалистами агрономической службы зарубежных сельскохозяйственных организаций позволяет повысить не только уровень и качество принимаемых управленческих решений, но и урожайность

Таблица 1. Цифровые технологии стран Европы, применяемые специалистами агрономической службы

Цифровые технологии	Страны, применяющие цифровые технологии страны-разработчика (выделена жирным шрифтом)	Возможности цифровых технологий
PROGIS	Австралия, **Австрия**, Албания, Армения, Беларусь, Босния и Герцеговина, Венгрия, Германия, Греция, Египет, Зимбабве, Испания, Италия, Казахстан, Литва, Нигерия, Польша, Португалия, Россия, Румыния, Северная Македония, Сербия, Словакия, Словения, США, Турция, Украина, Хорватия, Черногория, Чехия, Чили, Швейцария, Южная Африка	Представляет информацию о затратах в денежном эквиваленте в разрезе семян, материалов, сельхозтехники. Внедрены системы тайм-менеджмента. Проводится сегментация и классификация многозональных изображений
Field Monitoring	**Венгрия**	Используется система точного растениеводства, которая анализирует информацию о почве и микроклимате, выявляет их влияние на сельскохозяйственные процессы
Xarvio Digital Farmin Solutions	Австрия, Бельгия, Великобритания, Венгрия, **Германия**, Греция, Грузия, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Латвия, Литва, Лихтенштейн, Люксембург, Монако, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Россия, Сан-Марино, Словакия, Словения, Турция, Украина, Финляндия, Франция, Чехия, Эстония, Швейцария, Швеция	Оптимизирует производство сельскохозяйственных культур, улучшает социальную мобильность, снижает затраты, поддерживает устойчивость сельского хозяйства
Gaiasense	**Греция**, Испания, Кипр, Польша, Португалия, Украина	Позволяет проводить автоматические расчеты количества вносимого удобрения, пестицидов и воды, необходимых для культур в конкретных условиях жизнедеятельности

Продолжение таблицы 1

Цифровые технологии	Страны, применяющие цифровые технологии страны-разработчика (выделена жирным шрифтом)	Возможности цифровых технологий
AGRICOLUS, FAROS, OPI, SolarFertigation, Horta	Австрия, Албания, Бангладеш, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Израиль, Испания, **Италия**, Китай, Нидерланды, Польша, Португалия, Молдова, Румыния, Сербия, Турция, Франция, Южная Африка	Применяются геоинформационные системы и датчики, позволяющие определять вегетацию растений и их дальнейший цикл роста. Автоматически проводится математическое моделирование
FIE20	**Латвия**, Чехия	Использование датчиков и онлайн-анализа полей позволяет определять наиболее благоприятные для высева культуры
Akkerweb, HZPC keeps you growning	Бельгия, Германия, Индия, **Нидерланды**, Финляндия	Расчет оптимальных доз удобрений, применение пестицидов, написание карт маршрутов сельхозтехники и т. д.
AgroInsider, Phorland, Wisecrop	Австралия, Ангола, Бразилия, Вьетнам, Гватемала, Гондурас, Испания, Мозамбик, Никарагуа, **Португалия**, Румыния, Сальвадор	Анализируются уровень влажности почвы, изменения в ее биоразнообразии, выявляется процент брошения и эрозии
BiOFarming-Manager	Венгрия, Греция, **Румыния**, Франция	Повышение уровня квалификации агрономов в области агроэкологии, экономики и учета
AgroSens	Грузия, **Сербия**, Словения, Черногория	Предоставляет агроному информацию о возможных современных методах повышения уровня урожайности
TARGIS-VRA	**Турция**	Оптимизирует процессы внесения удобрений и опрыскивания

Окончание таблицы 1

Цифровые технологии	Страны, применяющие цифровые технологии страны-разработчика (выделена жирным шрифтом)	Возможности цифровых технологий
ArValis	Австрия, Бельгия, Великобритания, Венгрия, Германия, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Люксембург, Маврикий, Нидерланды, Португалия, Румыния, Украина, Финляндия, **Франция**, Чехия, Швейцария, Швеция, Южная Африка	Оптимизирует процесс внесения удобрений и полива сельскохозяйственных растений с учетом климатических условий. Автоматически проводится картография полей и математическое моделирование
CleverFarm	Великобритания, Вьетнам, Кения, Латвия, Литва, Парагвай, Польша, Сербия, Словакия, Судан, Украина, **Чехия**, Чили, Эстония, Южная Африка	Обеспечивается контроль за экономией семян и материалов, применяются различные датчики для повышения управления сельскохозяйственными процессами. Проводится сегментация и классификация многозональных изображений
OneSoil	Австрия, Азербайджан, Албания, Андорра, Армения, Беларусь, Бельгия, Болгария, Босния и Герцеговина, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Израиль, Ирландия, Италия, Финляндия, Франция, Хорватия, Чехия, **Швейцария**, Эстония	При помощи датчиков позволяет проводить наблюдение за полем и сбором урожая сельскохозяйственных культур, представляет наиболее точный прогноз погоды, обеспечивает совместимость с различными марками сельхозтехники

Примечание. Таблица составлена на основании [1, 2].

сельскохозяйственных культур и выручку от их продажи. Рассмотрим наиболее используемые цифровые решения для специалистов агрономических служб.

Сербия. Приложение Crop – это цифровая платформа, которая использует передовые алгоритмы машинного обучения и аналитику больших данных для прогнозирования урожайности и рисков сельскохозяйственных культур и сортов в зависимости от местных погодных и почвенных условий и предлагает стратегию, которая представляет собой оптимальный компромисс между урожайностью и риском. Платформа способна анализировать сотни тысяч гектаров организации. Диагностическая и прогнозная аналитика основана на алгоритмах машинного обучения, использующих спутниковые снимки, агрономические модели и данные о погоде [2].

Германия. Технология GeoPard Agriculture – PrecisionAg – это цифровая платформа для точного земледелия, которая позволяет сельскохозяйственным организациям, занимающимся растениеводством, повышать рентабельность инвестиций и интегрировать устойчивые методы ведения сельского хозяйства в свою повседневную деятельность, используя передовые методы анализа пространственных данных и алгоритмы искусственного интеллекта. Клиенты приложения используют автоматически создаваемую многолетнюю аналитику, которая описывает исторические и сезонные модели развития культур на полях, тем самым помогая фермерам применять верные, обоснованные управленческие решения на конкретных участках в нужное время. С помощью платформы рабочие процессы, связанные с созданием карт зон для отбора проб почвы, внесением удобрений и средств защиты растений, оптимизированы и автоматизированы [2].

Нидерланды. Компания HZPC разработала концепцию системы поддержки принятия решений HZPC (представлено в виде мобильного приложения), как инструмента точного земледелия, позволяющего увеличить производство сортов картофеля компании. Мобильное приложение включает в себя практические навыки компании в производстве картофеля, а также цифровую интеграцию с компанией Agritask, которая предоставляет программное обеспечение для управления агрономией для заинтересованных сторон в сельском хозяйстве, обладающее высокой гибкостью для удовлетворения уникальных требований каждого клиента [1, с. 131].

Италия. Мобильное приложение OPI – это система поддержки принятия управленческих решений для сельскохозяйственных производителей, которая улучшает три ключевых агрономических действия:

орошение: комбинирует микроклиматический мониторинг и инновационные агрономические модели с предложениями, основанными на каждой фенологической стадии, позволяет анализировать и выявлять

количество воды, доступной для растения, и уже испарившейся воды. Таким образом, производители могут добиться более эффективного управления водными ресурсами и максимизировать эффективность химической обработки;

точное питание: приложение выявляет правильное время для внесения удобрений в зависимости от периода вегетации растений;

защита: модели прогнозирования заболеваний на основе искусственного интеллекта оптимизируют использование пестицидов, учитывая микроклиматические условия выращивания сельскохозяйственных культур [1, с. 133].

Португалия. Сельскохозяйственное программное обеспечение Phorland позволяет фермерам автоматизированно и удаленно регистрировать свою повседневную работу для получения более детальной и точной информации представителям административно-управленческого персонала сельскохозяйственной организации.

Программное обеспечение улучшает управление любой фермой и предоставляет информацию для повышения устойчивости с точки зрения расходных материалов и собранной продукции. Все культуры имеют отдельный файл прослеживаемости для обеспечения безопасности пищевых продуктов. Позволяет фермерам и административно-управленческому персоналу просматривать и получать отчеты/диаграммы, содержащие важную информацию для более точного выполнения операций: от использования воды, удобрений, машин и топлива до урожайности. Предоставляет пользователям информацию о запасах, их использовании и стоимости [1, с. 134].

Швейцария. Мобильное приложение OneSoil на базе искусственного интеллекта с использованием точного земледелия предлагает набор функций наблюдения за полем и сбора урожая, а также представляет наиболее точный прогноз погоды, обеспечивает совместимость с различными марками сельхозтехники [1, с. 140]. Основные преимущества использования приложения:

· автоматическое определение границ полей с помощью искусственного интеллекта и спутниковых снимков, что упрощает адаптацию пользователей;

· доза внесения удобрений рассчитывается в секундах, что экономит время и усилия на мониторинг поля;

· ведется автоматизированный сбор данных в разрезе культур, сроков посева и уборки, урожайности и стадии роста сельскохозяйственных растений;

· карты дифференцированного высева и внесения удобрений создаются автоматически.

Италия. Компанией Horta была разработана система поддержки принятия решений для агрономов, занятых выращиваем винограда. Использование мобильной версии приложения vite.net позволяет собирать в режиме реального времени множество информации/данных о различных параметрах виноградника (воздух, почва, растение, вредители и болезни) с применением технологий интернета вещей; анализировать полученные данные с помощью расширенного моделирования и решений для работы с большими данными и предоставлять актуальную информацию, направленную на поддержку принятия решений для управления виноградниками [1, с. 141].

Бельгия. Мобильное приложение WatchITgrow – это онлайн-платформа для поддержки производителей в мониторинге пропашных культур и овощей с целью повышения выпуска продукции как в качественном, так и в количественном отношении. Позволяет анализировать состояние и развитие сельскохозяйственных культур, использует различные типы данных, начиная со спутниковых в сочетании, например, с информацией о погоде, почве, данными интернета вещей и др.

Полученные данные объединяются с помощью новых технологий, таких как анализ больших данных и машинное обучение, чтобы предоставить агроному более своевременные и персонализированные рекомендации по выращиванию той или иной культуры [1, с. 142]. Пользователи приложения информированы о наличии угроз безопасности жизнедеятельности растений, получают своевременные советы о том, где и когда необходимо предпринять действия (внести удобрения, произвести полив и т. д.). Это позволяет экономить время и деньги, в то время как производство продукции может быть увеличено.

Цифровые технологии позволяют дополнительно повысить эффективность сельского хозяйства, оптимизировать использование материально-технических и трудовых ресурсов. Эффективным помощником в решении этих задач являются **цифровые двойники**, разрабатываемые на основе моделей оптимизации агропромышленных объектов.

Цифровые двойники в сельском хозяйстве позволяют вести мониторинг сельскохозяйственной техники, скота, кормов, прогнозировать урожайность, а также оптимальные сроки посадки и уборки сельхозкультур, оптимизировать внутрихозяйственные маршруты с учетом удаленности полей от дорог и складов, снижать расходы топлива.

На рисунке нами представлена концепция функционирования цифровых двойников в сельском хозяйстве для производства сельскохозяйственной продукции [3, 4]. Применение цифровых двойников агрономами позволяет привнести ряд преимуществ в деятельность организации, повысить уровень принимаемых управленческих решений для увеличения

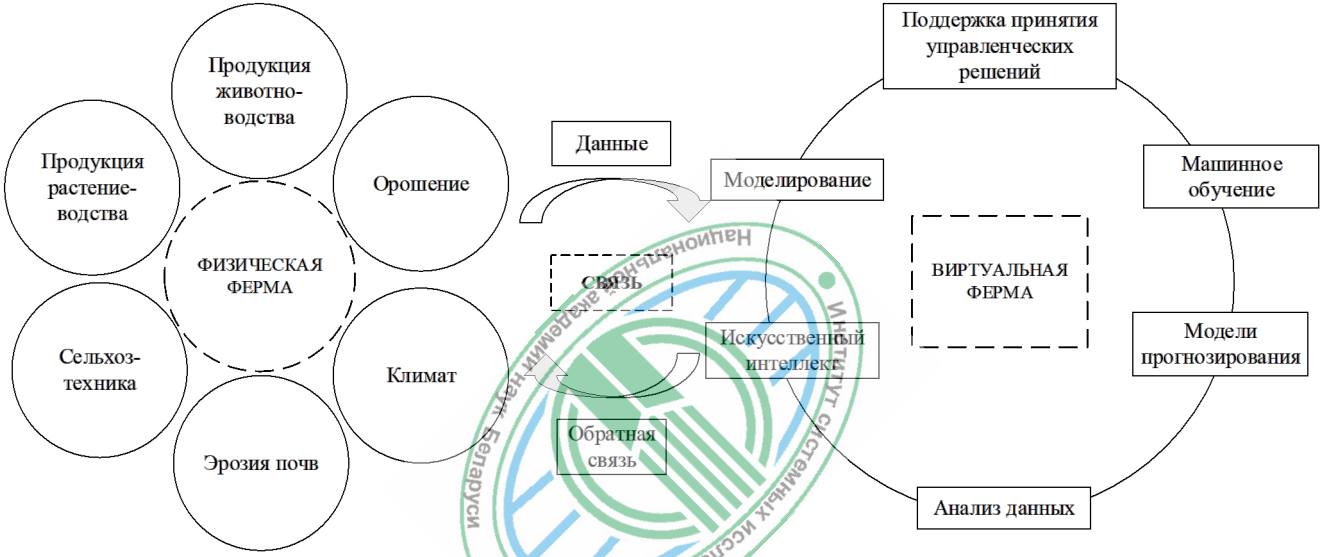

Рис. Концепция функционирования цифровых двойников в сельском хозяйстве

Примечание. Рисунок выполнен на основании [3, 4].

урожайности сельскохозяйственной продукции по организации в целом (табл. 2).

Их использование в производстве сельскохозяйственной продукции, несомненно, позволит улучшить работу организации по наиболее важным позициям, что в дальнейшем приведет к увеличению прибыли и выручки от реализации сельскохозяйственной продукции.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что при использовании современных цифровых технологий и автоматизированных

Таблица 2. Концепции цифровых двойников и их преимущества в работе агронома сельскохозяйственной организации

Концепция	Ключевые компоненты и преимущества
I. Почва и ирригация	
Почва – вода – орошение	Поддержка точного орошения, улучшение планирования полива и распределения воды, сокращение потерь урожая. Управление водными ресурсами на основе интернета вещей, отслеживание структуры воды в почве. Интеграция моделей прогнозирования для повышения уровня принятия управленческих решений по ирригации, водопользованию, глобальной оценке эффективности энергетики и насосных сооружений и др.
Вода	Анализ и оптимизация аквапонных систем, минимизация потерь воды. Разработка системы поддержки принятия управленческих решений, усовершенствование кибербизической реализации в аквапонике
II. Растениеводство	
Вертикальное земледелие	Оценка состояния окружающей среды, определение моделей прогнозирования и выявление наиболее оптимальных решений, мониторинг и оптимизация агропродовольственного жизненного цикла
Сельскохозяйственная техника	Развитие и использование преимущества бизнес-моделей по уборке сельскохозяйственных культур при использовании новой техники, разработка трехмерных геометрических моделей, чертежей устройств, механизмов и атрибутивных данных
Роботизация	Анализ и оценка производительности при использовании датчиков и дронов, моделирование полевых условий
III. Послеуборочный процесс	
Цепочка поставок продуктов питания	Разработка практических стратегий реализации сельскохозяйственной продукции, повышение ее устойчивости и управление мощностями. Теплофизическое поведение продукции во время цепочки поставок, хранение при разной скорости воздушного потока, учет и прогнозирование потерь качества продукции в зависимости от температуры

Примечание. Таблица составлена на основании [4].

программ специалистами агрономической службы повысятся уровень и качество принимаемых управленческих решений.

Агроном будет получать точную и своевременную информацию для принятия обоснованных управленческих решений с целью повышения урожайности сельскохозяйственных растений, применения наиболее оптимальных методов борьбы с вредителями и болезнями растений, внесения удобрений и т. д. Использование автоматизированных программ для представления агрономической отчетности будет способствовать более точному отражению информации о работе агронома, составлению им первичной документации и предоставлению ее в бухгалтерию. Применение цифровых технологий и автоматизированных программ в работе будет способствовать повышению квалификации работников.

Заключение

Анализ зарубежных цифровых технологий, предназначенных для повышения плодородия сельскохозяйственных растений и принятия управленческих решений, показал, что для повышения урожайности приложения анализируют большой спектр показателей, которые позволяют специалистами агрономической службы получать более детальную информацию в разрезе агрономических процессов, что в дальнейшем влияет на обоснованность принятия управленческих решений.

Применение автоматизированных программ агрономом позволит выбирать более оптимальные варианты устранения проблем в процессе всего вегетационного периода, в связи с чем повысится урожайность сельскохозяйственных растений, а также снизятся затраты рабочего времени и денежные издержки, направленные на приобретение удобрений и средств защиты растений.

Список использованных источников

1. Digital Excellence in Agriculture in Europe and Central Asia. Stocktaking Report [Electronic resource] // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Mode of access: https://www.fao.org/3/cb6098en/cb6098en.pdf. – Date of access: 20.03.2023.

2. Digital future: decision making systems for agriculture [Electronic resource] // ROOTCAMP. – Mode of access: https://www.root.camp/blog/decision-making-systems-agriculture. – Date of access: 21.03.2023.

3. Абромов, В. И. Цифровые двойники в сельском хозяйстве: возможности и перспективы / В. И. Абромов, А. Д. Столяров // АПК России: образование, наука, производство : сб. ст. – Пенза, 2021. – С. 3–9.

4. Nasirahmadi, A. Toward the Next Generation of Digitalization in Agriculture Based on Digital Twin Paradigm [Electronic resource] / A. Nasirahmadi,

O. Hensel // National Center for Biotechnology Information. – Mode of access: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8780442/. – Date of access: 21.03.2023.

Материал поступил в редакцию 18.04.2023 г.

Сведения об авторе

Клюкин Артур Дмитриевич – магистр экономических наук, научный сотрудник, аспирант сектора финансов. Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси (ул. Казинца, 103, 220108, г. Минск, Республика Беларусь). Телефон: +375 17 394 00 94. E-mail: shilo.1998@inbox.ru.

Information about the author

Klyukin Arthur – Master of Economics, researcher, postgraduate student of Finance Sector. The Institute of System Researches in Agro-Industrial Complex of the NAS of Belarus (Kazintsa Str., 103, 220108, Minsk, Republic of Belarus). Phone: +375 17 394 00 94. E-mail: shilo.1998@inbox.ru.