

УДК: 631:004

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕГРАЦИИ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

Барановская Татьяна Петровна, доктор экон. наук, профессор, заведующая кафедрой системного анализа и обработки информации
e-mail: bartp_2@mail.ru
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Российская Федерация, ул. Калинина, 13

Тахумова Оксана Викторовна, к.э.н., доцент кафедры системного анализа и обработки информации
e-mail: takhumova@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Российская Федерация, ул. Калинина, 13

Алергуш Арина Михайловна
студентка бакалавриата факультета управления
Электронный адрес: arinaalergush777@gmail.com
«Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Российская Федерация, ул. Калинина, 13

Гелета Тимофей Вадимович
студент бакалавриата факультета управления
Электронный адрес: geleta.timofej@bk.ru
«Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Российская Федерация, ул. Калинина, 13

В статье рассматривается интеграция информационных технологий в управление сельским хозяйством. Особое внимание уделено роли современных IT-решений, таких как сенсоры, дроны, IoT-устройства и автоматизированные системы полива, которые способствуют повышению урожайности на 18% и сокращению расходов на воду на 30%. Проведенное исследование включало анализ мирового опыта цифровизации в агросекторе, включая примеры из США, Европейского Союза, Японии и Китая. Выявлено, что уровень цифровизации в России остается низким, что ограничивает конкурентоспособность малых агропредприятий. Описаны барьеры для внедрения технологий, включая высокую стоимость оборудования и недостаток обученных специалистов. В статье представлены практические рекомендации для внедрения IT-решений, подчеркивается их значимость для устойчивого развития агросектора в условиях глобальных вызовов, таких как изменение климата и рост населения. Результаты исследования показывают, что внедрение цифровых технологий

UDK: 631:004

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods in economics

**THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION
TECHNOLOGY INTEGRATION IN
AGRICULTURAL PRODUCTION**

Tatiana Petrovna Baranovskaya, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of System Analysis and Information Processing
e-mail: bartp_2@mail.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation, Kalinina str., 13

Takhumova Oksana Viktorovna, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of System Analysis and Information Processing
e-mail: takhumova@yandex.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation, Kalinina str., 13

Arina Mikhailovna
Alergush, undergraduate student at the Faculty of Management
Email address: arinaalergush777@gmail.com
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation, Kalinina str., 13

Geleta Timofey Vadimovich
is a Bachelor's degree student at the Faculty of Management
Email address: geleta.timofej@bk.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation, Kalinina str., 13

The article examines the integration of information technologies into agricultural management. Special attention is paid to the role of modern IT solutions such as sensors, drones, IoT devices and automated irrigation systems, which increase yields by 18% and reduce water costs by 30%. The conducted research included an analysis of the global experience of digitalization in the agricultural sector, including examples from the USA, the European Union, Japan and China. It is revealed that the level of digitalization in Russia remains low, which limits the competitiveness of small agricultural enterprises. The barriers to technology implementation are described, including the high cost of equipment and the lack of trained specialists. The article presents practical recommendations for the implementation of IT solutions, their importance for the sustainable development of the agricultural sector in the face of global challenges such as climate change and population growth is emphasized. The results of the study show that the introduction of digital technologies helps to save resources and increase the profitability of

способствует экономии ресурсов и повышению рентабельности сельского хозяйства, а также может стать ключевым фактором для развития малых и средних хозяйств.

Ключевые слова: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ИОТ, ДРОНЫ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, УМНОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО.

agriculture, and can also become a key factor for the development of small and medium-sized farms.

Keywords: INFORMATION TECHNOLOGY, DIGITALIZATION, AGRICULTURE, IOT, DRONES, AUTOMATION, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, SMART AGRICULTURE.

Введение. Роль информационных технологий в современном сельском хозяйстве стоит на пороге новой эры, связанной с активной интеграцией информационных технологий, из-за чего нынешние сельхоз производители встречаются с проблемами оптимизации и относительной низкой производительностью. Особенно на фоне обвала цен 2023 года, что привело к разорению многих мелких предприятий. Развитие агросектора в условиях растущего мирового населения, изменения климата и ограниченности ресурсов невозможно без применения современных IT-решений, способных оптимизировать процессы, снизить издержки и повысить рентабельность. Однако, при всем этом процент внедрения IT-технологий в российские крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ) остаётся на низком уровне, что соответственно ограничивает конкурентоспособность и экономическую эффективность мелких крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ) по сравнению с крупными агломератами.

Важность цифровизации в сельском хозяйстве заключается в создании новых возможностей для агробизнеса, активно поддерживаемая на государственном и международном уровне, в условиях глобальных вызовов- перенаселение и изменение климата, внедрение современных решений, таких как палив, датчики влаги, проверка состояния почвы, невероятно важны, особенно для малых и средних предприятий нашего края, где внедрение технологий может стать ключевым фактором для устойчивого развития и повышения конкурентоспособности, ведь

расположение и качество земли позволяет при определенном уровне технологического обеспечения побороться с более крупными игроками.

Материал и объект исследования. Исследование опыта внедрения цифровых решений в крестьянско-фермерском хозяйстве (КФХ) «ГЕЯ», г. Сочи, Краснодарского края позволяет не только оценить их эффективность, но и предложить рекомендации для других мелких крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ). Задачами ставится изучение мировых практик внедрения IT-технологий в сельском хозяйстве, проанализировать их эффективность, используя экономические и производственные показатели, выявить как с ними справляется крестьянско-фермерское хозяйство (КФХ) «ГЕЯ» и разобрать практические рекомендации по дальнейшему внедрению IT-технологий в мелкие хозяйства, для повышения их конкурентно способности и рентабельности.

Результат исследования. Одна из самых важных проблем, с которой сталкиваются агрономы на протяжении всего их существования - это непредсказуемость природы, все задокументированные и декларированные нормы вывалены в лабораторных условиях, что не возможно в точности повторить в полевых условиях. Евро союз (ЕС) начиная с 2012 года вводит программы по поддержке своих сельских хозяйств на поприще инноваций, например программа "European Innovation Partnership for Agricultural Productivity and Sustainability" (EIP-AGRI) -2012г. [1] была создана, для первого этапа мониторинга, за уже успешными кейсами сельхоз предприятий внедряющих в себя IT-технологии, которые задали направление нынешнему спектру развития сельхоз предприятиям на территории Евро союза (ЕС)- такие программы как "Digital Innovation Hubs" (DIH)-2016г., "Horizon Europe"-2021г. и (CAP) продленная до 2027г. [2,3] обеспечивают сельхоз предприятия IoT— это Интернет вещей (IoT), который включает в себя различные устройства и датчики, подключенные к интернету, мониторинг состояния растений,

отслеживая параметры окружающей среды, такие как температура, влажность, уровень освещенности и даже состояние почвы. (например, сенсоры могут измерять уровень влаги в почве и передавать данные фермерам, позволяя им оптимально управлять поливом). IoT-устройства могут управлять системами орошения и вентиляции, за счет общей базы опыта, накопленной за это время, позволяя значительно сократить трудозатраты и улучшить условия для растений. Америка в свою очередь справляется с этой проблемой иным способом, они сделали прицел на точечное земледелие включающее использование технологий, таких как дроны, датчики и GPS, только не за счет сбора общей базы данных, а с спонсирования наиболее удачных стартапов, борющихся в рыночной экономике. Удачными примерами их политики можно выделить 2 стартапа:

Indigo Ag- j основанный в 2014 году, этот стартап предлагает решения для повышения урожайности с использованием микробиологии. В 2021 году компания привлекла более 1 миллиарда долларов в рамках нескольких раундов финансирования [4].

Farmers Business Network (FBN): основанная в том же году, FBN предлагает обеспечение своих полей высококачественными дронами, рынок которых в 2020г., по данным MarketsandMarkets [5] оценивался в 1,2 миллиарда долларов США и ожидается, что он вырастет до 6,5 миллиардов долларов к 2025 году при среднем годовом темпе роста (CAGR) около 40%. В 2021 году компания привлекла более 300 миллионов долларов для расширения своей платформы [6].

Восточная половина земли ударила в более глубокую цифровизацию и робототехнику, в Японии выделяется национальная стратегия "Сельское хозяйство 4.0"-2018г. Японское правительство объявило о стратегии, которая направлена на внедрение роботизации и автоматизации в агросекторе включающая в себя использование дронов для мониторинга полей и роботов для сбора урожая, по данным

Министерства сельского хозяйства, к 2021 году около 30% крупных фермерских хозяйств использовали роботизированные технологии [7]. Индия запустила ряд поддерживающих программ:

1. Программа "Digital India"-2015г., которая охватывает различные сектора, включая сельское хозяйство, цель программы — обеспечить доступ к цифровым технологиям для всех слоев населения путем вливания госбюджета на саморазвитие предприятий. В результате этой программы было зарегистрировано более 10 миллионов фермеров на различных цифровых платформах для получения информации о рынке и агрономии [8].

2. Программа "Pradhan Mantri Kisan Samman Nidhi" (PM-KISAN) 2019г., программа предоставляет финансовую помощь фермерам в размере 6000 рупий (около 80 долларов США) в год, цель — поддержка доходов фермеров и стимулирование их участия в цифровых платформах, по состоянию на 2022 год, более 10 миллионов фермеров получили финансовую помощь через эту программу [9].

Китай обильно внедряет AI-технологии в свое производство, оптимизируя процесс, за счет перехода на машинную логику, имея передовые средства производства и большие проблемы с перенаселением выделяет развитие сельскохозяйственного сектора. Первым шагом стало внедрение общей национальной стратегии "Интернет+"-2015г., которая включает в себя интеграцию интернета с различными секторами экономики, включая сельское хозяйство, направленная на повышение эффективности и конкурентоспособности сельского хозяйства через использование интернет-технологий инициатива увеличила использование нейронных сетей внутри агросектора, нейронки анализировали показатели метеоданных, для предугадывания погодных условий, что позволило уменьшить показатель не урожайности. Согласно отчету Министерства сельского хозяйства Китая, в 2020 году объем электронной торговли в

сельском хозяйстве достиг 1,5 триллиона юаней (около 230 миллиардов долларов США) [10]. Вторым шагом стало закрепление успехов и внедрение программы "Умное сельское хозяйство" 2017г., которая включает в себя использование IoT (интернета вещей), больших данных и AI для оптимизации процессов, по данным Министерства сельского хозяйства, к 2022 году более 20% крупных фермерских хозяйств использовали технологии умного сельского хозяйства. [11]. Россия, в данном вопросе, дает предпочтение усовершенствованию передачи операций, выполняемых вручную человеком, различным устройствам, программам. Все началось еще с СССР, с начала 1980-х годов в некоторых крупных колхозах и совхозах начали использовать электронные вычислительные машины (ЭВМ) для обработки данных о урожайности, планировании посевов и учете ресурсов. Например, система "Агро" была разработана для автоматизации учета и анализа данных. На данный момент активно используются программа «Агро-IT»-2022г., продлённая до 2030 года, с целью ускорения внедрения цифровых технологий в сельскохозяйственный сектор России, в рамках программы оказывается финансирование и предоставляется доступ к инфраструктуре для стартапов, работающих в области сельскохозяйственных технологий, технологий точного земледелия, включая использование датчиков, систем GPS и спутникового мониторинга, уже реализованы пилотные проекты, которые продемонстрировали рост урожайности до 15% и снижение затрат на производство до 20% за счет автоматизации и цифровизации процессов[12].

Таблица №1 – Внедрение инновационных технологий в развитых странах , 2023 г.

Страна/Регион	Технология	Эффекты/ Преимущества	Примеры внедрения	Источник
США	Precision Agriculture	Снижение затрат на удобрения (50%)	Использование GPS, дронов	FAO, Statista
ЕС	Умные фермы	Оптимизация производства	IoT-системы	Mordor Intelligence
Япония	Роботизация	Увеличение эффективности	Роботы для сбора урожая	Nikkei Asia
Индия	Мобильные приложения	Доступ к информации	Платформы для связи фермеров	Economic Times
Китай	Интеграция технологий	Повышение урожайности	AI и большие данные	РБК
Россия	Агро-IT решения	Автоматизация процессов	Системы дистанционного мониторинга	Ведомости

В данном исследовании применялись как полевые, так и аналитические подходы, что позволило собрать комплексную и достоверную информацию для последующего анализа, одним из них является использование сенсорных систем (IoT-устройств), которые имеют важное значение в мониторинге ключевых параметров состояния почвы и окружающей среды, примером является датчики влажности, датчики температуры, датчики уровня освещенности, pH-метры, так же примером является более частый и привычный способ для мелких крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ) — это ручной сбор данных производящийся с помощью лабораторных исследований механических влагомеров и термометров, можно так же совмещать эти методы сравнивая данные сенсоров с данными, собранными вручную, для повышения точности анализа. Дроны современное решение проблемы орошения полей, в сельско-хозяйственном секторе, хоть на данный момент они запрещены для самостоятельного пользования в Росси, есть возможность подать в администрацию письмо-запрос на пользование дронам, в определенную дату. Под него выделяют дату, время и личную высоту, при всех плюсах

дронов, в Российской Федерации (РФ) они не актуальны, так как агрономия требует быстрого выполнения поставленных задач и невозможно предугадать поведения погоды, насекомых и болезней у растений, более актуальным решением для России можно назвать автоматизацию системы управления за счет ведения автоматизированных системы полива, с отдельной панелью управления, системы GPS-навигации, встроенные в сельскохозяйственную технику, своих и наемных логистов [13].

Таблица №2 – Преимущества и результат внедрения информационных технологий

Метод	Описание	Преимущества	Пример результата
Сенсор влажности	Измеряют уровень содержания воды	Снижение расходов на полив	Экономия воды до 25%
Дроны	Аэрофотосъемка для анализа полей	Быстрое выявление проблемных зон	Оптимизация внесения удобрений
Ручные замеры	Лабораторный анализ почвы	Сравнение с автоматическими данными	Повышения точности анализа
Автоматизированные системы	Управляют процессами в режиме реального времени	Экономия трудозатрат	Сокращение расходов на персонал

Крестьянско-фермерское хозяйство (КФХ) проводило опыты для написания исследования влияния полива на рост и качество агрономических культур, используя эти данные мы сможем исследовать наш вопрос. Основным методом исследования стало полевое наблюдение за состоянием 10 экспериментальных участков площадью по 1 гектаров каждый, для точности анализа каждый участок был разделен на 4 подучастка размером 0,25 га, в каждом подучастке еженедельно фиксировались ключевые параметры: индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), уровень влажности почвы, наличие вредителей и

болезней, использовались дроны, оснащенные мультиспектральными камерами с разрешением 10 см/пиксель, заблаговременность планирования опыта позволила своевременно получить разрешение в местной администрации, с их помощью определялись зоны с индексом NDVI ниже 0,4, что указывало на стресс растений, дроны выполняли автоматизированные облёты участков каждые 5 дней, что позволило собрать более 500 снимков в течение летнего сезона. В каждой зоне с низким NDVI проводился сбор образцов растений для анализа, выявленные проблемы (недостаток воды, питательных веществ, вредители) классифицировались по степени критичности, вегетационный период исследования длился 120 дней, что обеспечило сбор данных для всех фаз развития растений: от посева до уборки урожая, по результатам наблюдений составлены карты распределения биомассы растений.

На каждом экспериментальном участке было установлено по 4 сенсора, подключенных к IoT-системе (влажность почвы (%), температуру почвы (°C), содержание азота, фосфора и калия (в мг/кг), уровень pH). Влажность почвы варьировалась от 10% до 55% в зависимости от участка (на части из них были установлены трубы капельного орошения) и погодных условий, сенсоры передавали данные каждые 4 часа, генерируя 96 записей на 1 гектарный участок в день, за время исследования было сделано около 115200 фиксаций данных, на 10 полей, что в дальнейшем способствовало написанию приложения, в котором были выявлены правильные параметры для настройки-регулировки работы автоматизированной системы капельного полива. Датчики, расположенные на глубине 10 см, регистрировали влагу в корневой зоне, тогда как датчики на глубине 50 см фиксировали доступность воды в нижних слоях почвы, термодатчики помогли выявить, что в жаркие дни (температура почвы выше 35°C, у участков удаленных от подземных вод), участки без полива, в среднем потеряли 12% потенциальной-урожайности. Данные сенсоров

позволили выявить наиболее проблемные участки, где уровень азота снижался ниже 50 мг/кг, что заставило задуматься о внедрении в капельное орошение возможность вносить удобрения/химию, чтобы избежать потери потенциальной-урожайности вовремя всех этапов развития растения.

Так же, в ноябре-декабре было проведено анкетирование 5 фермеров станицы Брюховецкая, Брюховецкий район, Краснодарский Край работающих в условиях схожих климатических зон (среднегодовая температура 10,4°C, годовое количество осадков 614 мм, средняя продолжительность безморозного периода составляет 194 дня.). Анкета включала 25 вопросов, охватывающих как применение технологий, проблемы в управлении хозяйствами и потребности в цифровых решениях, так и причины неустойчивых взаимоотношений между разными сельхозпроизводителями, мешающие объединиться в корпоративы.

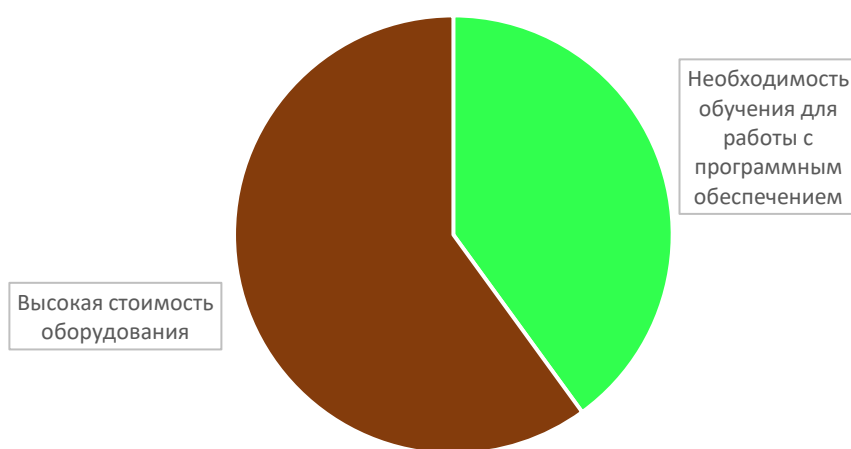


Рисунок 1 – Главный барьер внедрения IT -Технологий

Результаты опроса выявили, что 60% респондентов отмечают высокую стоимость оборудования, средняя стоимость сенсорной системы — 250 тыс. рублей, что на период спада покупательской способности фермерских хозяйств, после обвала 2023 года, не представляется возможным, оставшиеся 40% фермеров сообщили о необходимости

обучения для работы с программным обеспечением, что требует дополнительных затрат (около 50 тыс. рублей в месяц на одного специалиста, либо около 130,5 тыс. рублей на получения дополнительного образования самостоятельно [14]. По результатам опроса выделено 5 ключевых факторов, влияющих на выбор технологий: стоимость, сложность, надежность, окупаемость и простота интеграции, так же анкетирование дало возможность систематизировать субъективные мнения фермеров для дальнейшей интерпретации.

Для сравнительного анализа используем данные Росстата [15] за 2020–2024 годы, средняя урожайность пшеницы в регионе составляла 30 ц/га, что на 10% ниже, чем в аналогичных регионах с внедрением цифровых технологий. FAO [16] позволили проанализировать внедрение умных технологий в сельском хозяйстве в Европе и Азии. В Германии 45% фермеров используют IoT-устройства, тогда как в России этот показатель не превышает 15%, по оценки OECD и World Bank [17][18] в странах ЕС экономия воды благодаря цифровизации достигает 25–40%, в России доля расходов на цифровизацию в аграрной сфере составляет около 3%, тогда как в США — 12%. За последние 5 лет рост использования цифровых технологий в мире увеличился на 25%.

По итогу участок с автоматизированным поливом продемонстрировал рост урожайности на 18%, а расход воды снизился на 30%, эксперимент показал, что внедрение систем контроля влажности предотвращает потери урожая на 25%, установлено, что увеличение содержания азота на 10% повышает урожайность на 5%. Достоверность данных проверялась методом перекрестной проверки, значения влажности из сенсоров сравнивались с лабораторными анализами почвы, отклонение данных составило менее 3%, что подтверждает их точность.

Алгоритмы расчёта:

Экономия ресурсов

$$E = (R_1 - R_2) / R_1 \times 100\%$$

R_1 — затраты на ресурсы (вода, удобрения, топливо) без внедрения цифровых технологий,

R_2 — затраты на ресурсы после внедрения технологий.

На участке с площадью 1 га без внедрения капельного орошения средний расход воды составлял 700 куб. м в месяц, с внедрения технологии расход снизился до 490 куб. м.

$$E = (700 - 490) / 700 \times 100\% = 30\%.$$

Таким образом, внедрение автоматизированной системы позволило сократить расход воды на 30%.

Прогноз урожайности

$$Y = f(C, W, T)$$

Y — прогнозируемая урожайность (ц/га),

C — состояние почвы (включает содержание азота, фосфора, калия),

W — показатели влажности почвы (%),

T — температурные условия (°C).

Математическое представление $Y = a_1 \times C + a_2 \times W + a_3 \times T + b$,

где a_1, a_2, a_3 — коэффициенты влияния факторов, рассчитанные на основе анализа экспериментальных данных.

Содержание азота в почве — 60 мг/кг (норма — 80 мг/кг), средняя влажность почвы — 35%, температура в период активного роста — 28°C.

Прогноз урожайности при этих условиях составил 32 ц/га, что на 8% ниже оптимального значения в регионе.

Потребности в удобрениях

$$N = (C_o - C_i) \times V \times k$$

N — необходимое количество удобрений (кг),

C_o — оптимальная концентрация питательных веществ (мг/кг),

C_i — текущая концентрация,

V — объем почвы (м³),

k — коэффициент усвояемости удобрений.

На участке с площадью 1 га текущая концентрация азота составила 60 мг/кг (оптимальная — 80 мг/кг), объем пахотного слоя почвы (глубина 30 см) составил 3000 м³, коэффициент усвояемости удобрений — 0,8.

$$N = (80 - 60) \times 3000 \times 0,8 = 48\,000 \text{ мг} = 48 \text{ кг азотных удобрений.}$$

Оптимизация полива

$$V = A \times d \times \theta,$$

V — объем воды (м³),

A — площадь участка (м²),

d — глубина увлажнения (м),

θ — влажность почвы (%).

Площадь участка — 10 000 м² (1 га), глубина увлажнения — 0,3 м, оптимальная влажность — 35%, для участка с текущей влажностью 25% необходимо восполнить дефицит.

$$V = 10\,000 \times 0,3 \times (35\% - 25\%) = 300 \text{ м}^3.$$

Эффективности внедрения технологий

$$IE = (Y_2 / Y_1) \times (E / C),$$

IE — индекс эффективности,

Y_2 — урожайность после внедрения технологий,

Y_1 — урожайность до внедрения,

E — экономия ресурсов (%),

C — затраты на внедрение технологий.

Средняя урожайность без внедрения — 30 ц/га, средняя урожайность с внедрением — 36 ц/га, экономия ресурсов — 25%, затраты на внедрение — 10%.

$$IE = (36 / 30) \times (25 / 10) = 3,0$$

Индекс эффективности показывает, что технологии оправдали себя втрое относительно вложенных средств.

Визуализируя процесс анализа данных можно через следующую схему:

1. Сбор данных: Сенсоры, дроны и лабораторные измерения.
2. Передача данных: IoT-устройства отправляют данные на облачный сервер.
3. Обработка, через программное обеспечение (Python) анализируя большие массивы данных.
4. Применяются регрессионные модели и нейронные сети для прогнозов.
5. Генерируются рекомендации для фермеров по поливу, удобрениям и оптимизации ресурсов.

Таблица 3 – Результаты использования инновационных технологий в сельскохозяйственных организациях

Технология	Без внедрения	С внедрением	Экономия (%)
Расход воды (куб. м/га в месяц)	700	490	30%
Урожайность (ц/га)	30	36	-
Расход удобрений (азот, кг/га)	80	48	40%
Объем воды для полива (куб. м/га)	400	300	25%
Индекс эффективности		3	

Для более явных показаний рентабельности внедрения IT-технологий в крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ) «ГЕЯ» сравним ее с иностранными аналогами, так же внедривших в себя подобные технологические новшества. Эффективность использования Израильских технологий по капельному орошению превышает аналогичную технологию на 20%, данный эффект добывается за счет более оптимизированных алгоритмов анализа полива, более точных и чаще обновляемых показателей с IoT-систем [19][20]. США демонстрируют более точных и инновационных дронов, которые имеют на своем борту лазерную

установку, для формирования карты внесения удобрений, при этом контролируют содержание питательных веществ в растениях, их средний показатель полезности варьируется от 40% до 50%, что не отличается от показателей крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ) «ГЕЯ» [21], с помощью этих данных мы можем сделать вывод, что крестьянско-фермерское хозяйство (КФХ) «ГЕЯ» не сильно отстает от остального мира и является хорошим представителем технологического-агро предприятием, сравнение с другими странами:

Таблица №4 – Сравнительная характеристика результатов внедрения ИТ-технологий в крестьянско-фермерского хозяйства

Параметр	КФХ «ГЕЯ»	США	Германия	Франция	Китай	Нидерланды	Израиль
Уровень цифровизации (%)	60	50	70	65	45	80	76
Урожайность (ц/га)	36	40	38	37	35	50	44
Экономия воды (%)	30	25	28	27	20	35	50
Снижение использования удобрений (%)	40	35	38	36	30	42	45
Индекс эффективности	3.0	2.8	2.9	2.85	2.5	3.5	3.85

Выводы. В результате проведенного исследования, посвященного интеграции информационных технологий в управление сельским хозяйством на примере крестьянско-фермерского хозяйства «ГЕЯ», установлено, что внедрение современных ИТ-решений значительно повышает производительность и рентабельность малых и средних агропредприятий. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение сенсоров, дронов и автоматизированных систем полива позволяет не только сократить затраты на ресурсы, но и повысить урожайность на 18%, а также осуществить экономию водных ресурсов до

30%. Анализ мирового опыта внедрения цифровых технологий в агросектор, включая примеры из стран Европейского Союза, США, Японии и Китая, подтвердил, что интеграция IT-решений является ключевым фактором для устойчивого развития агросектора в условиях глобальных вызовов, таких как изменение климата и рост населения. Важно отметить, что в России уровень цифровизации в сельском хозяйстве остается низким, что ограничивает конкурентоспособность малых фермерских хозяйств по сравнению с крупными агломератами. На основании проведенного исследования выработаны рекомендации для дальнейшего внедрения информационных технологий в практику малых и средних агропредприятий, что может служить основой для повышения их эффективности и устойчивости. Перспективы дальнейших исследований включают изучение влияния цифровизации на социально-экономическое развитие сельских территорий, а также разработку программ обучения и поддержки фермеров в освоении новых технологий.

Список литературы

1. EIP-AGRI Concept | EIP-AGRI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture>, свободный.
2. Horizon Europe - Европейская Комиссия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon-europe>, свободный.
3. CAP 2023-27 - Европейская комиссия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ec.europa.eu/cap>, свободный.
4. Inaugural Indigo Credit Issuance Unlocks Farmer Access to Multi-Billion Dollar Voluntary Carbon Market [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://indigoag.com>, свободный.
5. UAV (Drone) Market Size, Share, Industry Report, Revenue Trends and Growth Drivers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.marketsandmarkets.com>, свободный.
6. Compound Annual Growth Rate (CAGR): Formula, Calculation & Uses - GeeksforGeeks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://turbopages.org>, свободный.
7. Национальный совет по развитию Тайваня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ndc.gov.tw>, свободный.
8. Digital India Programme | National Portal of India [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digitalindia.gov.in>, свободный.

9. Pradhan Mantri Kisan Samman Nidhi (PM KISAN) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studyiq.com>, свободный.
10. China Agriculture Sector Report 2020/2024 Industry Report | EMIS Insights [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emis.com>, свободный.
11. Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moa.gov.cn>, свободный.
12. Правительство Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://government.ru>, свободный.
13. Агроаналитика - система автоматизации сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smartagro.ru>, свободный.
14. Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kubsau.ru>, свободный.
15. Росстат об итогах уборочной кампании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msu.ru>, свободный.
16. Digital agriculture | FAO Regional Office for Europe and Central Asia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fao.org/europe>, свободный.
17. Better policies for better lives | OECD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oecd.org>, свободный.
18. Annual Report 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://worldbank.org>, свободный.
19. Dutch Agro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dutchagro.org>, свободный.
20. Международный опыт развития цифровизации в АПК: государственная поддержка и регулирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eaeunion.org>, свободный.
21. Развитие АПК на основе цифровизации: зарубежный опыт [Электронный ресурс] / Рыскелди // Проблемы агрорынка. – Режим доступа: <https://jpra-kazniiapk.kz>, свободный.

References :

1. EIP-AGRI Concept | EIP-AGRI [Electronic resource]. – Access mode: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture> , free.
2. Horizon Europe - The European Commission [Electronic resource]. – Access mode: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon-europe> , free.
3. CAP 2023-27 - European Commission [Electronic resource]. – Access mode: <https://ec.europa.eu/cap> , free.
4. Inaugural Indigo Credit Issue Unlocks Farmer Access to Multi-Billion Dollar Voluntary Carbon Market [Electronic resource]. – Access mode: <https://indigoag.com> , free.
5. UAV (Drone) Market Size, Share, Industry Report, Revenue Trends and Growth Drivers [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.marketsandmarkets.com> , free.
6. Compound Annual Growth Rate (CAGR): Formula, Calculation & Uses - GeeksforGeeks [Electronic resource]. – Access mode: <https://turbopages.org> , free.
7. National Council for the Development of Taiwan [Electronic resource]. – Access mode: <https://ndc.gov.tw> , free.
8. Digital India Program | National Portal of India [Electronic resource]. – Access mode: <https://digitalindia.gov.in> , free.

9. Pradhan Mantri Kisan Samman Nidhi (PM KISAN) [Electronic resource]. – Access mode: <https://studyiq.com> , free.
10. China Agriculture Sector Report 2020/2024 Industry Report | EMIS Insights [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.emis.com> , free.
11. Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China [Electronic resource]. – Access mode: <https://moa.gov.cn> , free.
12. The Government of the Russian Federation [Electronic resource]. – Access mode: <https://government.ru> , free
13. Agroanalytics - agricultural automation system [Electronic resource]. – Access mode: <https://smartagro.ru> , free.
14. Agriculture [Electronic resource]. – Access mode: <https://kubsau.ru> , svobodny.
15. Rosstat on the results of the harvesting campaign [Electronic resource]. – Access mode: <https://msu.ru> , free.
16. Digital agriculture | FAO Regional Office for Europe and Central Asia [Electronic resource]. – Access mode: <https://fao.org/europe> , free.
17. Better policies for better lives | OECD [Electronic resource]. – Access mode: <https://oecd.org> , free.
18. Annual Report 2024 [Electronic resource]. – Access mode: <https://worldbank.org> , free.
19. Dutch Agro [Electronic resource]. – Access mode: <https://dutchagro.org>
20. International experience in the development of digitalization in agriculture: state support and regulation [Electronic resource]. – Access mode: <https://eaeunion.org> , free.
21. Agro-industrial complex development based on digitalization: foreign experience [Electronic resource] / Ryskeldi // Problems of the agricultural market. – Access mode: <https://jpra-kazniapk.kz> , free.