

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2025, Том 12, № 3 / 2025, Vol. 12, Iss. 3 <https://resources.today/issue-3-2025.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/01INOR325.pdf>

DOI: 10.15862/01INOR325 (<https://doi.org/10.15862/01INOR325>)

2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бондарь, И. Л. Особенности цифровой трансформации личного подсобного хозяйства / И. Л. Бондарь, М. С. Логачёв // Отходы и ресурсы. — 2025. — Т. 12. — № 3. — URL: <https://resources.today/PDF/01INOR325.pdf>. DOI: 10.15862/01INOR325.

For citation:

Bondar I.L., Logachev M.S. Features of digital transformation of private farming. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2025;12(3): 01INOR325. Available at: <https://resources.today/PDF/01INOR325.pdf>. DOI: 10.15862/01INOR325. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 631.5:004

Бондарь Илья Леонидович

ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Россия
E-mail: ilya-bondar-2003@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7836-1702>

Логачёв Максим Сергеевич

ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Россия
Доцент кафедры «Инфокогнитивные технологии»
Кандидат технических наук
E-mail: logachevmaxim@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0425-5014>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=774123
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57218769441>

Особенности цифровой трансформации личного подсобного хозяйства

Аннотация. В статье определена проблема отсутствия единых и системных подходов к выращиванию сельскохозяйственных культур на индивидуальных земельных участках. Отсутствие у человека профессиональных знаний в сфере агротехнологий и наличие множества справочной информации формируют риски негативного влияния на природную среду. Существующие программно-аппаратные комплексы для эффективного растениеводства предназначены для использования в фермерских хозяйствах или крупных агропромышленных комплексах. Создание цифровой системы для личного подсобного хозяйства позволяет обеспечить высокую урожайность на небольшом участке, сохранив бережное отношение к природным ресурсам. Использование системного анализа, объектно-ориентированного проектирования и графических методов позволило авторам разработать цифровую систему, формирующую рекомендации для эффективного выращивания растений, а также осуществлять мониторинг земельного участка. В статье представлена программно-аппаратная архитектура системы, обеспечивающей бесперебойную работу и доступность к функциональным возможностям разных категорий пользователей. Авторами выделены основные характеристики таких пользователей и доступные им возможности, а также представлено описание типичных сценариев работы в цифровой системе. В зависимости от категории пользователя ему доступно управление ресурсами цифровой системы, просмотр справочной информации, получение

текущих данных о состоянии земельного участка и качества проведенных работ, индивидуальные рекомендации по размещению растений (с учетом соседства, принципов севооборота, затененности и других факторов) или получение автоматически сформированного календаря рекомендованных работ на основе текущего состояния участка и проведенных работ. Для визуализации сценариев в статье показаны фрагменты прототипа пользовательского интерфейса. Цифровая система является гибкой и настраиваемой. Авторами сделан вывод о том, что принципы работы цифровой системы соответствуют требованиям продовольственной и экологической безопасности.

Ключевые слова: устойчивое сельское хозяйство; сельскохозяйственная продукция; растениеводство; управление; цифровизация; урожайность; экология

Введение

Основной тенденцией сельского хозяйства в России за последние несколько лет является стабилизация уровня инвестиций и рост конкуренции среди производителей сельхозпродукции [1]. Около 54 % общего объема сельскохозяйственного производства приходится на растениеводство [2]. Благодаря ей, реализуется не только продовольственная функция, но и производственная безопасность страны. Продукция растениеводства используется в качестве кормовой базы в животноводстве, является сырьем для текстильной, фармацевтической и пищевой промышленности, а также экспортируется на мировые рынки [3; 4].

Все это требует эффективного управления сельскохозяйственными процессами (например, контролировать полный цикл выращивания растений, обеспечивать бесшовные каналы коммуникаций между устройствами фермерского хозяйства), так как отрасль подвержена серьезным природным рискам, влияющим не только на качество урожая, но и на его наличие, (изменение погодных условий, разные климатические условия в зависимости от местности, длинные производственные циклы и т. д.) [5; 6]. Эволюция техники и технологий позволила для фермеров решить часть проблем и обеспечить управление рисками. Использование умных устройств, фиксирующих, передающих и обрабатывающих текущие параметры объектов растениеводства и его окружения; создание единых сетей по обмену и управлению данными на основе интернета вещей; разработке программных решений на основе искусственного интеллекта, обеспечивающих с математической точностью планировать график работ, определять риски и урожайность, управлять параметрами микроклимата для эффективного выращивания растений и анализировать изображения, получаемые с беспилотных летательных аппаратов — определяют основные тенденции цифровой трансформации отрасли [7–9]. Существующие программно-аппаратные решения направлены на создание единой цифровой экосистемы фермерского хозяйства, включающей в себя инструменты геоаналитики, использование роботизированных устройств, формирование единых требований к выполняемым работам, обеспечение объективного контроля и системы рекомендаций, а также среды для коммуникации всех работников хозяйства.

Однако, растениеводство характерно не только для фермерских хозяйств (или индивидуальных предпринимателей), но и для индивидуальных хозяйств. Согласно данным сельскохозяйственной микропереписи 2021 г., доля используемой пашни в личных подсобных и других индивидуальных хозяйствах граждан составила 19,8 % от общей площади сельскохозяйственных угодий (1 931,1 тыс. га) [10]. Основной целью ведения таких хозяйств является обеспечение семьи свежими овощами, фруктами или зеленью, сырьем для консервации, занятия физическим трудом на свежем воздухе, а также получение дополнительного дохода при наличии излишек продукции. Выращивание сельскохозяйственных культур (далее — СХК) осуществляется на небольших индивидуальных земельных участках (далее — ИЗУ) на основе

опыта владельца или доступных справочных материалов. Дополнительно могут использоваться программно-аппаратные средства, являющиеся помощниками при выращивании растений (например, датчики влажности или кислотности почвы, интерактивные календари СХК).

Конечно, производительность и стоимость таких комплексов не сравнятся с цифровыми экосистемами фермерских хозяйств. Во-первых, — это связано с размерами участков, на которых выращиваются СХК. В среднем размер ИЗУ составляет 6–12 соток (600–1 200 м²), для фермерского хозяйства — 200–400 га для открытого грунта [10]. Во-вторых, — разнообразие СХК, выращиваемых на участке. Для фермерского хозяйства на одной единице площади (поле) выращивается одна СХК. Для ИЗУ количество выращиваемых растений объективно ничем не ограничивается. В-третьих, — во всех процессах фермерского хозяйства участвуют специалисты, имеющие профильное образование и способные своевременно и профессионально реагировать на любые события для получения максимально возможной урожайности, используя специализированные средства и технологии. При выращивании СХК на ИЗУ характерен периодический характер работ, например, из-за отдаленного его расположения от основного места жительства владельца.

Таким образом, применение существующих программно-аппаратных комплексов для фермерских хозяйств при контроле полного цикла выращивания растений на ИЗУ требует значительных изменений в архитектуре цифровых средств и изменении функциональных возможностей. На основании этого, **целью работы** является создание цифровой системы, обеспечивающей эффективное управление процессами полного цикла растениеводства на ИЗУ.

К **основной функции** такой системы должна относиться возможность поддержки пользователя в принятии решений по управлению ИЗУ (огородом, садом или другой территорией небольшой площади) для эффективного использования имеющихся ресурсов для получения максимально возможного урожая при наименьшем оказании негативного эффекта на почву (или окружающую среду). Для этого необходимо выполнить **задачи** по определению ключевых объектов, процессов предметной области, а также их характеристик; установить правила, влияющие на изменение их состояний или значений; разработать формальные модели, показывающие особенности цифровой системы; определить пользователей цифровой системы и доступные им функциональные возможности; разработать прототип пользовательского интерфейса соответствующего созданным формальным моделям и установленным требованиям.

К **теоретической значимости** работы относится систематизация и цифровая трансформация сведений по агротехнике, растениеводству и овощеводству для использования в цифровых моделях СХК и траекторий их эффективного выращивания. Полученные результаты могут использоваться в исследованиях, связанных с цифровой трансформацией сельскохозяйственных процессов, цифровых рынках и подготовке специалистов в области сельского хозяйства.

Практическая значимость работы заключается в создании инструмента, обеспечивающего единые подходы к выращиванию растений на ИЗУ и снижению негативного эффекта на окружающую среду. Помимо этого, цифровая система способна обеспечивать мониторинг эффективности использования земельных ресурсов для органов местного управления и государственных служб, осуществляющих соблюдение действующего законодательства при использовании земельных и других ресурсов.

Объекты и методы

Объектом исследования является ИЗУ.

Предметом исследования является процесс выращивания СХК на ИЗУ. Такой процесс включает в себя полный цикл работ, начинающийся разметкой ИЗУ и заканчивающийся сбором готового урожая.

Общая концепция создания цифровых систем заключается в создании цифровых двойников для всех ключевых объектов предметной области; обеспечения непрерывного накопления данных, связанных с любой деятельностью людей, осуществления процессов, функционирования оборудования, в виде цифровых следов и возможностью их немедленной интерпретации; разработки сервисов, предоставляющих доступ к ресурсам; формирования правил на основе операционных решений с возможностью интеграции искусственного интеллекта [11; 12]. Для реализации указанных действий требуются комплексные решения, позволяющие разработать все архитектурные требования.

Структурированный подход к проектированию и разработке цифровых систем обеспечивает метод системного анализа. Его использование в работе обеспечило возможность определения проблем, целей, установить структуру, оценить результаты, выработать решения и осуществить их моделирование. Предмет исследования является сложным объектом, предполагающий наличие совокупности множества взаимосвязанных элементов, часть из которых трудноформализуема. Использование методов структуризации, анализа, декомпозиции, синтеза и обобщения позволило установить процессы и их субъекты, а также ключевые характеристики, задействованные в процессе цифровой трансформации. На их основе разработаны требования к архитектуре системы: определен программно-аппаратный ее состав, установлены заинтересованные лица и их функциональные возможности. Использование графического метода позволило визуализировать полученные результаты в виде соответствующих схем.

Для создания прототипа пользовательского интерфейса цифровой системы использовался метод объектно-ориентированного проектирования. Его применение на основе требований, полученных в результате системного анализа, позволили установить все необходимые элементы управления для реализации типовых сценариев взаимодействия пользователей с ресурсами системы. Для этого каждый объект представлялся в виде сущности, состоящей из набора свойств, событий и методов их обработки. Таким образом были получены пользовательские методы обработки, позволяющие при наступлении определенных событий (при реализации сценариев взаимодействия) осуществлять управление графическим интерфейсом.

Результат

Использование указанных методов позволило разработать прототип цифровой системы, обеспечивающей унифицированный подход к выращиванию сельскохозяйственных культур на ИЗУ.

Архитектура цифровой системы

Общая схема программно-аппаратной архитектуры представлена на рисунке 1. Общая структура представляет собой многозвенную клиент-серверную архитектуру.

В общем такая модель позволила распределить задачи между клиентом и множеством серверов, которые обрабатывают определенные запросы в зависимости от их функциональности. Пользователь получает доступ к ресурсам цифровой системы, используя веб-приложение (или мобильное приложение). Учитывая специфику объекта исследования, а именно отсутствие интернет-подключения или его недостаточный уровень, предусмотрена автономная работа веб-приложения. Для этого на стороне клиента сохраняются ключевые персональные настройки и данные, которые могут быть обработаны модулем автономной работы. При появлении подключения к сети Интернет этот модуль синхронизирует данные пользователя в системе.

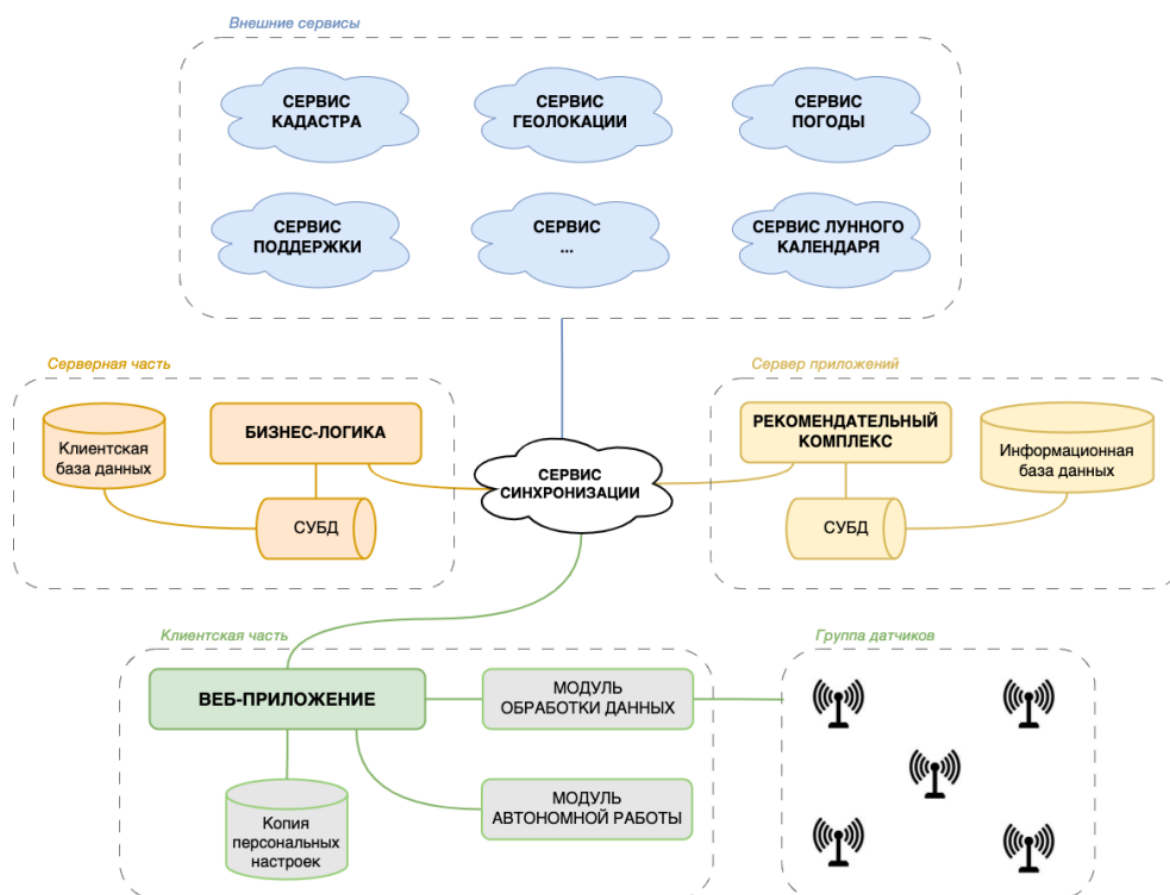


Рисунок 1. Модель программно-аппаратной архитектуры цифровой системы (составлено/разработано авторами)

Архитектура цифровой системы подразумевает масштабирование путем интеграции дополнительных сервисов, обеспечивающих эффективное сопровождение пользователя при выращивании СХК. Базовой структурой системы является наличие клиентской части, сервера приложений, серверной части и сервиса синхронизации. Все это обеспечивает создание, изменение и сохранение данных об ИЗУ и его характеристиках, выращиваемых растениях и календарем работ. Для улучшения точности прогнозов, детализации задач для эффективного выращивания растений возможно расширение функциональных возможностей путем интеграции в систему других сервисов (в т. ч. сторонних). В зависимости от категории пользователя ему предоставляется доступ к таким сервисам, а также предлагается приобретение у разработчика системы датчиков для установки на своем участке.

Характеристика основных пользователей цифровой системы

Архитектура цифровой системы предусматривает параллельный доступ к ресурсам и функциональным возможностям множества пользователей. Их доступность определяется категорией пользователя, которая определяется при регистрации в системе или отказе от нее.

На рисунках 2–4 представлено разделение описание типичного пользователей и их разделение по категориям в зависимости от доступа к ресурсам и функциональным возможностям цифровой системы.

Следует отметить, что все пользователи, имеющие учетные записи «Администратор» могут быть сегментированы по доступным им функциональным возможностям в цифровой системе.

В этом случае, каждый сегмент будет включать в себя несколько пользователей с одинаковым набором функций и ограничений (не имеют возможности влиять на набор функций других сегментов).

Например, администраторы, ответственные за работу функций календаря не могут вносить изменения в ресурсы или функции, связанные с цифровыми двойниками ИЗУ.

Такой подход упорядочивает алгоритмы внесения изменений в цифровую систему, упрощает администрирование и позволяет распределить нагрузку на соответствующих специалистов.

Для управления учетными записями сегментированных администраторов следует добавить категорию «Мастер-администратор».

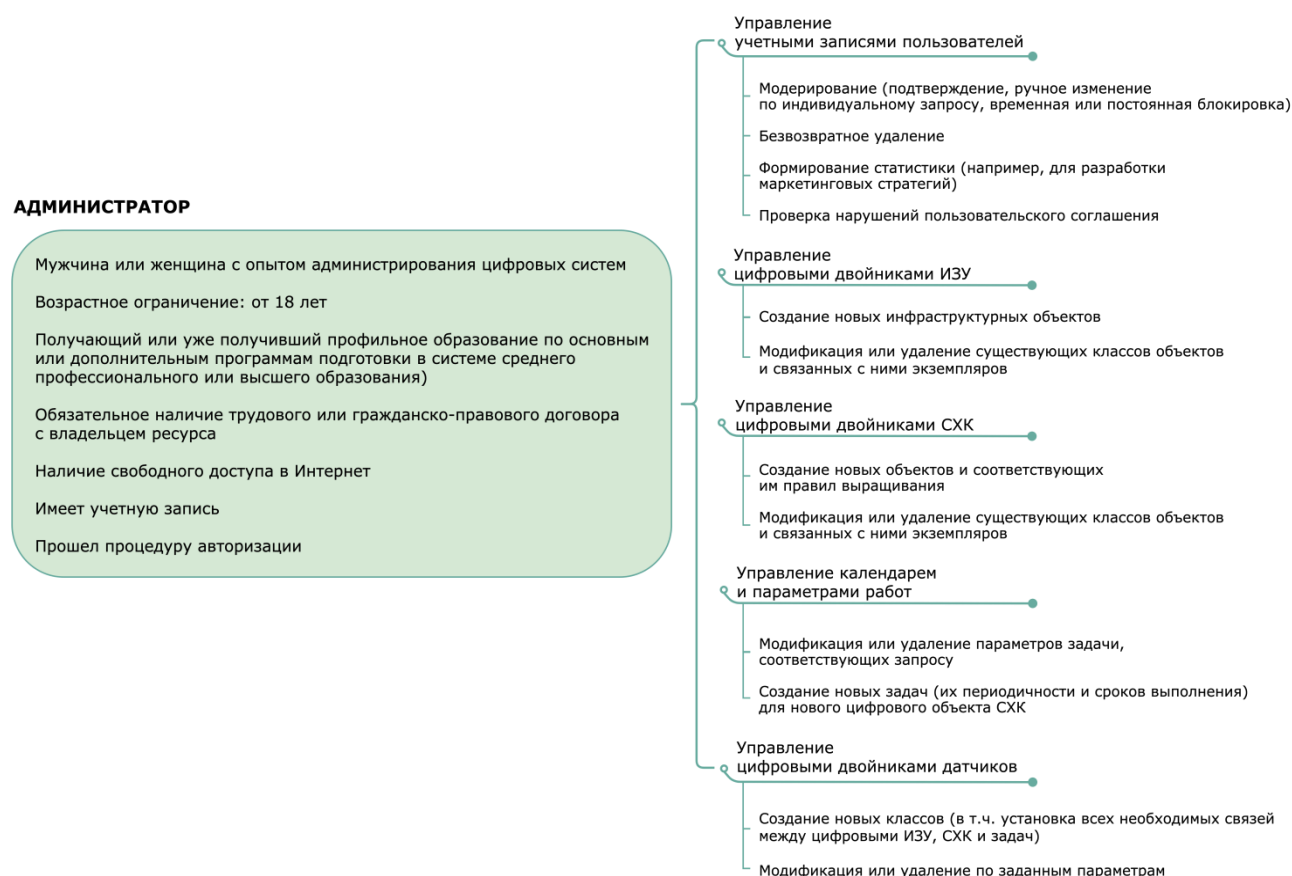


Рисунок 2. Описание типичного пользователя категории «Администратор» и его возможности в цифровой системе (составлено/разработано авторами)



Рисунок 3. Описание типичного пользователя категории «Гость» и его возможности в цифровой системе (составлено/разработано авторами)

ДАЧНИК

Мужчина или женщина (возможно супружеские пары), имеющие ИЗУ и интересующиеся садоводством в качестве хобби или занимающиеся выращиванием СХК для потребления

Возрастная характеристика: преимущество от 30 лет

Новички или опытные садоводы (огородники)

Ведут активный образ жизни (проведение времени на свежем воздухе, постоянная физическая активность разной интенсивности, забота о своем здоровье и здоровье членов семьи)

Склонны к покупкам семян, удобрений, инвентаря в специализированных магазинах (в т.ч. в маркетплейсах)

Обладает, как минимум базовыми компетенциями в сфере информационных технологий (использует веб- или мобильные приложения в быту или профессиональной деятельности)

Наличие свободного или ограниченного доступа в Интернет

Имеет учетную запись

Прошел процедуру авторизации

Просмотр справочной и другой специализированной информации

Функции, как у категории ГОСТЬ

Управление содержанием цифровых двойников ИЗУ

Создание участка с индивидуальными линейными параметрами, его редактирование и удаление;

Добавление объектов и настройка их параметров (ограждений, затененных областей, строений, деревьев, датчиков и др. объектов инфраструктуры), а также их удаление

Размещение СХК и настройка их параметров (время посадки или посева, периодичность проводимых работ)

Получение рекомендаций о наилучшем размещении выбранных СХК относительно друг друга в зависимости от поставленных целей (получение высокой урожайности, быстрого выращивания и т.д.) и их сменяемости (соблюдение требований севооборота);

Долгосрочно хранить данные об объектах (кроме выращиваемых СХК)

Хранение данных о текущем урожае (один сезон)

Получение рекомендаций о работах, которые необходимо провести на ИЗУ

Получение (просмотр) актуального календаря работ;

Получение уведомлений о необходимости проведения определенных работ в соответствии с текущим календарем;

Подтверждение или отклонение выполненных работ.

Получение запрашиваемых данных со сторонних сервисов (прогноз погоды, фазы луны и др.).

Получение доступа к сторонним функциям (служба поддержки, оказание услуг)

Экспорт данных (графические или текстовые форматы файлов) для использования (например, на участке при отсутствии подключения к Интернет или невозможности использования приложения)

Интеграция датчиков, установленных на ИЗУ, в цифровой двойник

Рисунок 4. Описание типичного пользователя категории «Дачник» и его возможности в цифровой системе (составлено/разработано авторами)

Взаимодействие пользователей с цифровой системой

Управление правилами по определению соседства сельскохозяйственных культур. Функция доступна пользователю категории «Администратор». Ему предлагается добавить описание культуры, чтобы сформировать матрицу совместимости. Визуальное ее отображение показано на рисунке 5.

При добавлении новой культуры автоматически в матрицу добавится строка и столбец с ее наименованием. Используя инструменты, возможно настроить степень сочетаемости с каждой культурой (красным показано нежелательное соседство, зеленым — удачное соседство).

Матрица имеет несколько режимов отображения: удачное соседство для текущего сезона (в зависимости от целей: высокая урожайность, быстрый рост и т. д.) или нескольких сезонов подряд (соблюдение севооборота).

Севооборот предполагает, что на урожайность культуры влияет культура-предшественник, находившейся на этом месте [13].

Зафиксированные изменения, внесенные в матрицу, синхронизируются со всеми ресурсами цифровой системы и становятся доступны для создания рекомендаций пользователю (рис. 6, 7).

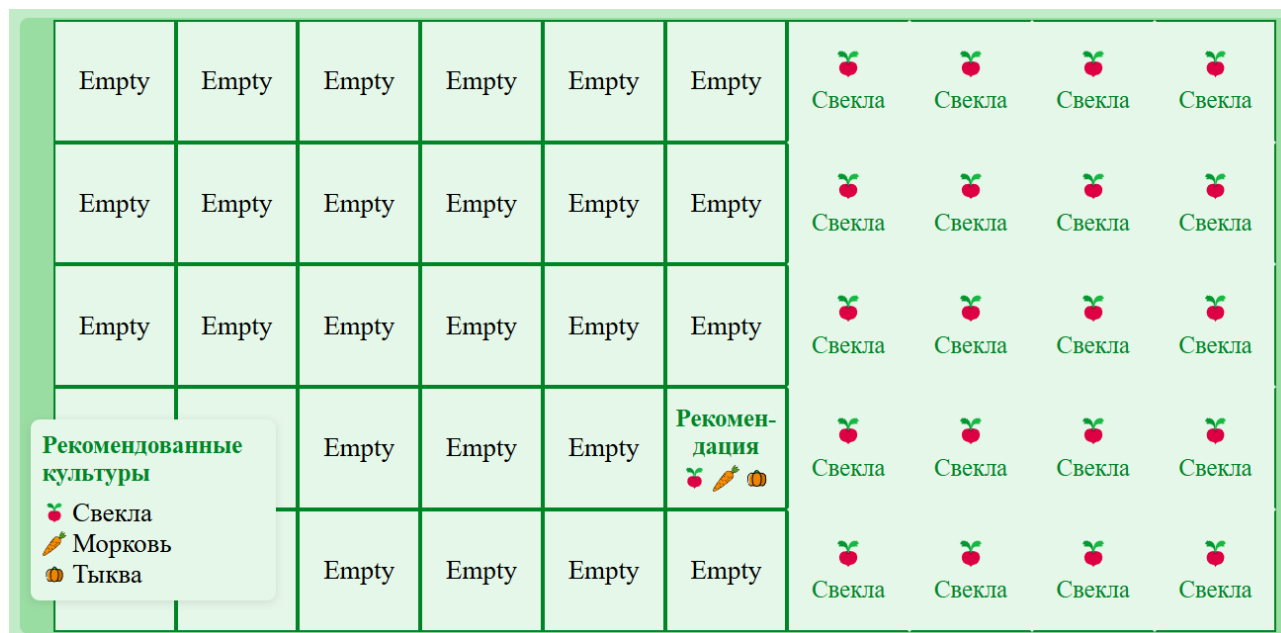


Рисунок 7. Фрагмент интерфейса Дачника в режиме разметки цифрового двойника ИЗУ (составлено/разработано авторами)

Для имеющейся разметки индивидуального земельного участка между группами культур добавляются интуитивно понятные пиктограммы об удачности сочетаний культур (как показано на рисунке 6). Если разметка цифрового двойника только создается, то в этом случае в клетке, на которую наведен курсор мыши (для веб-приложения) или возникло событие «тап» (для мобильного приложения), появляется перечень рекомендуемых культур, имеющих удачное сочетание с имеющимися соседними культурами (рис. 7). При этом последовательность таких культур определяется от наиболее удачного к менее удачному, но не исключаяющих соседство.

Режим разметки цифрового двойника ИЗУ. Экран, доступный пользователю, условно можно разделить на три области: блок настройки линейных параметров ИЗУ, блок выбора объектов, которые могут быть размещены на участке, и схематичное представление участка в зависимости от настроек пользователя (рис. 8).

Цифровой двойник ИЗУ представляет собой область, разделенную на участки фиксированного размера (квадрат). Квадрат может быть заполнен сельскохозяйственной культурой или объектом, который по определенным причинам должен быть свободным от посадки растений (например, дорожки, деревья, строения).

Квадрат имеет два режима отображения: общий (показывается пиктограмма размещенной культуры или объекта) или схематический (в виде точек, определяющих размещение рядов культуры внутри квадрата). В зависимости от вида культуры плотность рядов и схема их расположения может меняться или настраиваться пользователем (увеличивать или уменьшать расстояния между рядами или соседними растениями).

Дополнительными характеристиками каждого квадрата является возможность установки определенного вида датчика (влажности, освещения, кислотности и т. д.) и настройки параметров тени (тень, полутень, ажурная тень). Пользователь имеет возможность сохранять все настройки цифрового двойника и вносить изменения. К таким изменениям, например, относится возможность сбора урожая. После «сбора урожая» в приложении соответствующий квадрат становится доступным для размещения на нем растения. При этом сохраняются предыдущие настройки для обеспечения принципов севооборота. На рисунке 9

показан один из вариантов разметки цифрового двойника с демонстрацией рекомендаций. Такая схема может быть распечатана, если отсутствует техническая возможность использования мобильного устройства на ИЗУ.

Размер огорода

Строки: Столбцы:

Действия

Настройки

Сбор урожая

Выберите культуру:

-- Выберите культуру --

Инструменты

Бобовые	Капуста	Свекла	Картофель	Лук	Чеснок	Морковь
Огурец	Тыква	Кабачок	Перец	Баклажан	Томат	Ластик (культур)
Препятствие	Ластик (препятствий)	Сенсор	Ластик (сенсора)	Тень	Полутень	Ажурная тень
Ластик (тени)						

Пред: Свекла						Пред: Картофель	Пред: Картофель	Пред: Огурец	Пред: Огурец
Пред: Свекла						Пред: Картофель	Пред: Картофель	Пред: Огурец	Пред: Огурец
Empty			Пред: Капуста	Пред: Капуста	Пред: Капуста	Пред: Чеснок	Пред: Чеснок	Пред: Огурец	Пред: Огурец
Empty			Пред: Капуста	Пред: Капуста	Пред: Капуста	Пред: Чеснок	Пред: Чеснок	Пред: Огурец	Пред: Огурец
Empty	Empty	Empty	Пред: Капуста	Пред: Капуста	Пред: Капуста	Пред: Чеснок	Пред: Чеснок	Пред: Огурец	Пред: Огурец

Рисунок 8. Интерфейс пользователя для создания цифрового двойника ИЗУ (составлено/разработано авторами)

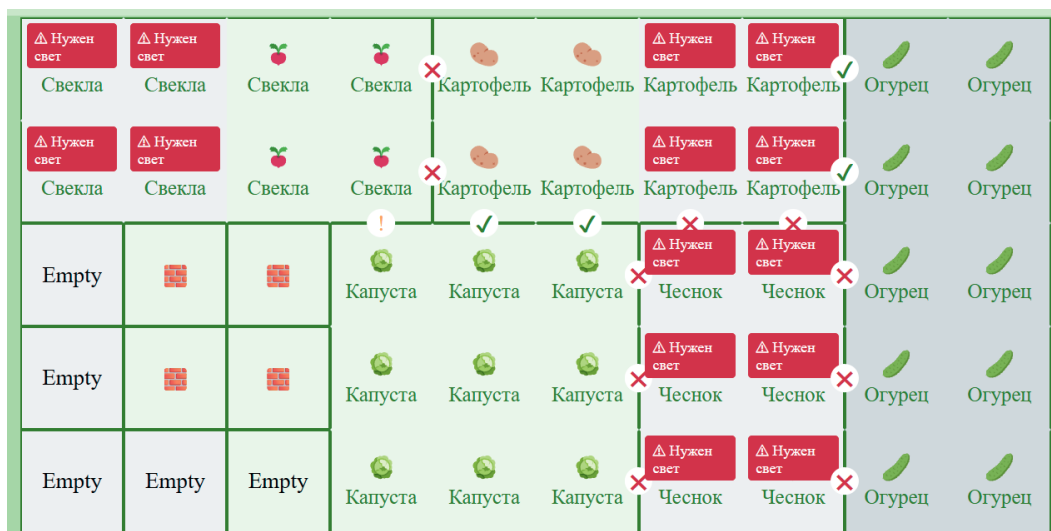


Рисунок 9. Пользовательская настройка цифрового двойника ИЗУ (составлено/разработано авторами)

Календарь задач

август 2025 г.

Пн	Вт	Вт	Чт	Пт	Сб	Вс
				1	2	3
4	5	6	7	8 Полив (Свекла) Прополка (Свекла) Подкормка (Свекла) Обработка от вредителей (Свекла)	9	10
11	12	13	14	15 Полив (Свекла)	16 Полив (Картофель) Прополка (Картофель) Подкормка (Картофель) Обработка от вредителей (Картофель)	17
18	19	20 Прополка (Свекла)	21	22 Полив (Свекла)	23	24 Полив (Картофель) Полив (Огурец) Прополка (Огурец) Подкормка (Огурец) Обработка от вредителей (Огурец)
25	26	27	28 Обработка от вредителей (Свекла)	29 Полив (Свекла)	30 Прополка (Картофель) Полив (Огурец)	31

Рисунок 10. Календарь пользовательских задач для эффективного выращивания культур на ИЗУ (составлено/разработано авторами)

Управление календарем пользовательских задач. После того, как пользователь сохранил все настройки цифрового двойника ИЗУ в автоматическом режиме формируется календарь задач, включающих в себя все типы работ для эффективного выращивания растений (рис. 10).

Сроки выращивания растений, перечень необходимых работ и их периодичность определяется на основании данных, полученных из научных источников по растениеводству. Календарь является динамическим и может изменяться в зависимости от текущих погодных условий (если установлены датчики на реальном участке) и фактически проведенных работ. Для этого у пользователя запрашивается подтверждение выполнения задачи (рис. 11).

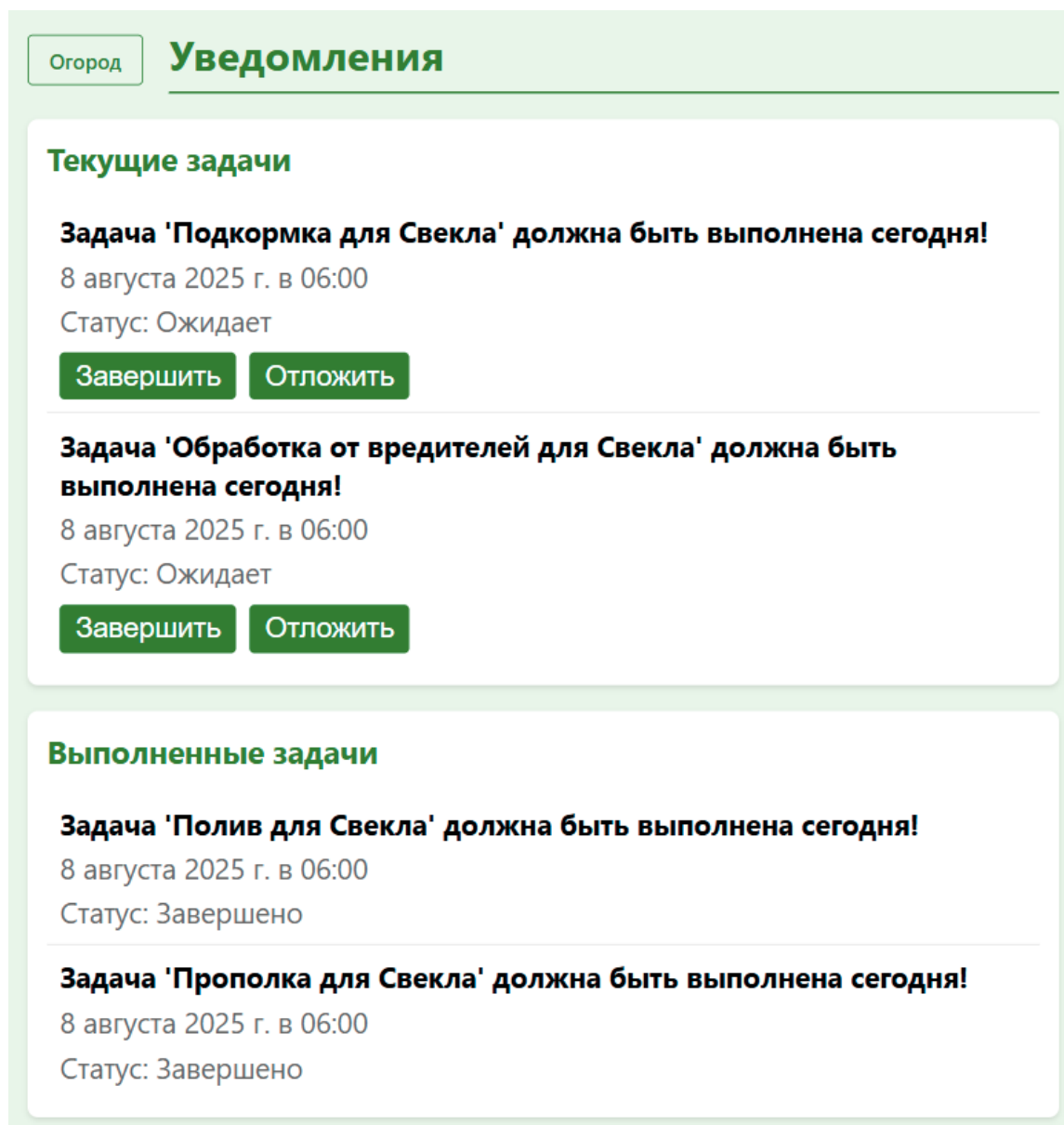


Рисунок 11. Интерфейс уведомлений для подтверждения выполнения задач (составлено/разработано авторами)

Следует отметить, что любая задача имеет время активности, т. е. время, за которое рекомендуется ее выполнить. Например, период и уровень полива устанавливается от текущих погодных условий, состава почвы и ее влажности (если установлены датчики). В случае работ, связанных с устранением сорных растений, определяется на основании усредненного времени их роста, текущих погодных условий и вида ранее проведенных работ.

Обсуждение

Полученные результаты в ходе выполнения работы можно сравнить с результатами аналогичных исследований, сгруппированных по принципам цифровой трансформации и устойчивого развития.

Цифровые системы представляют собой интеграцию аппаратных средств и прикладных решений, обеспечивающих эффективную реализацию процессов какой-либо предметной области [11; 14]. Разработанная концепция программного продукта предполагает использование облачных технологий, интернета вещей, аналитики данных, искусственного интеллекта и других инструментов, необходимых для принятия решений. Это соответствует современной тенденции цифровизации, предполагающей усложнение информационного пространства, так как увеличивается объем данных и их качественная сложность [12; 15]. Существующие разработки направлены на поддержку пользователя при выполнении определенного вида работ: организации севооборота [13], моделирование процессов, влияющих на урожайность определенных видов СХК [6], организации процессов полива [7], бережного отношения к почве [16] и т. д. Полученный программный продукт включает в себя перечисленные возможности и направлен на сокращение времени на принятие решения на основе анализа большого объема данных и существующих правил в агротехнологии, позволяя не только увеличить урожайность, но и снизить вероятность возникновения кризисных ситуаций (например, потерю урожая, нецелевое расходование ресурсов).

Следует отметить, что такой подход используется при проектировании и разработке программно-аппаратных комплексов для фермерских хозяйств и агропромышленных комплексов [9; 17]. В этом случае к функциональным возможностям цифровой системы добавляется возможность управлять бизнес-процессами компании с целью повышения ее конкурентоспособности. Формирование отчетов, аналитических показателей из разных источников направлено на снижение нагрузки на сотрудников компании (уменьшение или замена человеческого труда при выполнении рутинных операций) [8; 18] и создания коммуникационных каналов между разными звеньями (в том числе внешними организациями) [19]. Несмотря на то, что разработанный прототип программного продукта предполагает самостоятельное использование функциональных возможностей (без распределения задач в цикле выращивания растений между несколькими людьми), созданная архитектура предполагает возможность добавления сервисов, позволяющих организовать коммуникационный канал (например, службу поддержки, агрегатор услуг по содержанию ИЗУ или продаже семян, растений, удобрений, инвентаря и других средств, необходимых в процессе выращивания СХК).

Разработанный прототип пользовательского интерфейса соответствует современным требованиям создания программных продуктов. Использование метода объектно-ориентированного проектирования позволили создать инструмент, обеспечивающий доступ пользователей к бизнес-логике, определяющей все функциональные возможности. Как отмечается в работах, связанных с алгоритмизацией и программированием, такой подход при создании цифровых систем обеспечивает соблюдение базовых принципов абстрагирования, инкапсуляции, наследования, модульности, типизации, параллелизма и сохраняемости [11; 20].

С точки зрения устойчивого развития предлагаемые решения предполагают удовлетворение потребностей человечества не только в настоящем времени, но и будущих поколений, соответствуя требованиям экономического роста, социального развития и охраны окружающей среды [21]. Устойчивое развитие и сельское хозяйство связаны, так как способ ведения последнего предполагает максимальное использование ресурсного потенциала земель, но при этом гарантировать постоянное возобновление плодородного ресурса и обеспечивать безопасность экосистемы. В работах, связанных с устойчивым сельским хозяйством, делается

акцент на важности предотвращения негативного воздействия на почву, воду, биоразнообразие, работников и местных жителей путем соблюдения принципов севооборота, точечного земледелия, использования научных методов поддержки выращивания возобновляемых культур и т. д. [8; 22]. Функциональные возможности разработанного программного продукта позволяют организовать и соблюдать такие принципы: контролировать сменяемость СХК, обеспечивать их благоприятное соседство, учитывать и контролировать полив, внесение удобрений и т. д.

У проведенного исследования имеются методические ограничения, связанные с выборкой обрабатываемых данных, влияющих на точность рекомендаций. Это связано с тем, что на этапе тестирования прототипа используются ограниченный набор данных СХК (бобовые, помидоры, огурцы и т. д. — всего 13 видов растений); объектов, которые могут быть размещены на участке (общее понятие «препятствие», которое может быть идентифицировано как «пространство, на котором не может быть размещена какая-либо СХК»); датчиков (реализованы функциональные возможности для определения влажности почвы). Однако, структура цифровой системы предполагает при опытной эксплуатации расширение данных и настройку их характеристик. Помимо этого, следует отметить, что ограничения могут быть связаны с предвзятостью к правилам выращивания СХК и содержанием работ, которые требуется проводить для эффективного их выращивания. Авторы не предлагают новые методики выращивания растений, а систематизируют и используют данные и правила, опубликованные в научных изданиях по агротехнологиям.

Заключение

Решение проблем, связанными с проблемами экологии, сельского хозяйства и здоровья человека, считаются одними из приоритетных в стратегии развития России. Указанные понятия тесно связаны между собой и напрямую влияют на экологическую и продовольственную безопасность страны. Проблемы с экологией (например, загрязнение воды или почвы) может негативно повлиять на урожайность СХК или сделать невозможным их выращивание, что приведет к снижению качества или сокращения производства продуктов питания. Фермерские хозяйства и крупные агрохолдинги соответствуют государственным требованиям безопасности и непрерывно проводят комплексы работ, обеспечивающие мониторинг состояния окружающей среды. При выявлении контролирующими органами нарушений действующего законодательства предпринимаются комплексы мер, направленные на прекращение и нераспространение негативных последствий на экосистемы, и такими хозяйствами предпринимаются все необходимые меры для восстановления и исключения повторений.

При ведении личного подсобного хозяйства требуется соблюдать требования действующего законодательства, однако, отсутствует механизм стороннего мониторинга или постоянного контроля за способами и применяемыми технологиями при выращивании СХК. Из-за неопытности, отсутствия профильного образования или использования недостоверной справочной информации человек может нанести вред как экосистеме, так и своему здоровью, потребляя некачественную выращенную продукцию. Применение единого информационного подхода к выращиванию СХК позволяет решить такую проблему. Разработанная цифровая система выполняет функции продовольственной и экологической безопасности. С ее помощью человек может организовать процессы подготовки, выращивания и сбора урожая таким образом, чтобы обеспечить свои потребности продуктами питания. При этом реализация таких процессов будет происходить с учетом влияния на окружающую среду, минимизируя негативные факторы (например, деградацию почвы, распространение вредоносных растений).

ЛИТЕРАТУРА

1. Semkin A. Development of Strategic Directions for Optimization of Management Systems in Agriculture in Russia / A. Semkin, A. Altukhov, L. Silaeva [и др.] // International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry “Interagromash”: сб. ст. междунар. конф. — Cham: Springer International Publishing, 2023. — С. 402–413. — DOI: 10.1007/978-3-031-21432-5_41.
2. Растениеводство // Сельское хозяйство в России. 2023: стат. сб. / Росстат. — М., 2023. — С. 44–58.
3. Лукомец А.В. Тенденции развития растениеводства, влияющие на его ресурсное обеспечение / А.В. Лукомец // Russian Journal of Management. — 2022. — Т. 10, № 4. — С. 281–287. — DOI: 10.29039/2409-6024-2022-10-4-281-287. — EDN: TZCMAR.
4. Лукомец А.В. Технические культуры в инфраструктуре национальной экономики / А.В. Лукомец // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. — 2020. — № 4. — С. 128–137. — DOI: 10.37984/2076-9288-2020-4-128-137. — EDN: ZUZJDV.
5. Овчинников А.Ю. «Точное земледелие» как концепция управления большими данными в сельском хозяйстве / А.Ю. Овчинников, Ю.С. Афанасьева // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10, № 1. — DOI: 10.15862/03NZOR123. — EDN: CWJOSI.
6. Beresneva Ya. Simulation model of crop yield on individual land plot / Ya. Beresneva, I. Kulibaba // BIO Web Conf. — 2024. — № 130. — С. 01019. — DOI: 10.1051/bioconf/202413001019.
7. Grankina V. Digital transformation modeling for agricultural land irrigation / V. Grankina, D. Vasilyev // BIO Web Conf. — 2024. — № 141. — С. 02005. — DOI: 10.1051/bioconf/202414102005.
8. Зарубежный опыт цифровизации сельского хозяйства: Аналитический обзор / Н.П. Мишуоров, О.В. Кондратьева, В.Я. Гольпяпин [и др.]. — М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2022. — 224 с. — EDN: TVVAIV.
9. Шайтура С.В. Цифровые сервисы интеллектуальных экономических регионов / С.В. Шайтура, Л.В. Сумзина, А.В. Максимов [и др.] // Отходы и ресурсы. — 2025. — Т. 12, № 1. — DOI: 10.15862/12ECOR125. — EDN: JZDVZW.
10. III. Земельные ресурсы // Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года: стат. сб. / Федеральная служба государственной статистики. — М.: Статистика России, 2022. — С. 44–65.
11. Массеров Д.Д. Intelliot: умная среда IoT / Д.Д. Массеров, Д.А. Массеров // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10, № 2. — DOI: 10.15862/02INOR223. — EDN: ANQIVW.
12. Болдарева Ю.О. Анализ проблематики цифровой трансформации на современном этапе / Ю.О. Болдарева, И.А. Быкова // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. — 2022. — № 4(91). — С. 21–29. — DOI: 10.37493/2307-907X.2022.4.3. — EDN: IDXSEZ.
13. Kulibaba I. Software solution for growing crops on an individual land plot / I. Kulibaba, V. Varinov // BIO Web Conf. — 2024. — № 141. — С. 01018. — DOI: 10.1051/bioconf/202414101018.

14. Qin T. Digital technology-and-services-driven sustainable transformation of agriculture: Cases of China and the EU / T. Qin, L. Wang, Y. Zhou [и др.] // *Agriculture*. — 2022. — № 12(2). — С. 297. — DOI: 10.3390/agriculture12020297.
15. Volkodaeva A.V. Trends in information and communication technologies development in context of economy digitalization / A.V. Volkodaeva, A.V. Balanovskaya, E.A. Rustenova // *International Scientific Conference «Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends, New Opportunities»: Lecture Notes in Networks and Systems* / под ред. S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko. — Cham: Springer International Publishing, 2021. — С. 583–592. — DOI: 10.1007/978-3-030-83175-2_72.
16. Рахимова Е.А. Подходы к формированию концепции цифровой трансформации садоводства Российской Федерации / Е.А. Рахимова // *Аграрный вестник Урала*. — 2024. — № 24(3). — С. 417–429. — DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-417-429.
17. Чеховских И.А. Современные особенности организации труда в агропромышленном комплексе России в свете цифровой трансформации экономики / И.А. Чеховских, Е.М. Оль, О.А. Попазова [и др.] // *Экономические науки*. — 2022. — № 210. — С. 211–216. — DOI: 10.14451/1.210.211. — EDN: UFHUYG.
18. Гончаров А.В. Роль искусственного интеллекта в современном развитии автоматизации в промышленности / А.В. Гончаров // *Отходы и ресурсы*. — 2024. — Т. 11, № 4. — DOI: 10.15862/13ECOR424. — EDN: AYFXCG.
19. Altunina Yu. Modeling marketing communication in a farm plant care information system / Yu. Altunina, V. Chernova // *International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Voronezh, Russian Federation, 23–25 октября 2023 г.)*. — Les Ulis, 2024. — С. 03020. — DOI: 10.1051/bioconf/20249303020. — EDN: LVVTQM.
20. Кряжева Е.В. Разработка программного обеспечения: комплексный подход к эффективности и качеству / Е.В. Кряжева, Р.Е. Ратников // *Дневник науки*. — 2023. — № 7(79). — EDN: KLXOHS.
21. Ruggerio C.A. Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions / C.A. Ruggerio // *Science of the Total Environment*. — 2021. — № 786. — С. 147481. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147481.
22. Горбатовский А. Научные принципы, факторы и особенности интенсификации в сельскохозяйственном производстве / А. Горбатовский, А. Лобан // *Аграрная экономика*. — 2024. — № 6(349). — С. 20–32. — DOI: 10.29235/1818-9806-2024-6-20-32. — EDN: SVDJVQ.

Bondar Ilya Leonidovich

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia
E-mail: ilya-bondar-2003@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7836-1702>

Logachev Maxim Sergeevich

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia
E-mail: logachevmaxim@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0425-5014>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=774123
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57218769441>

Features of digital transformation of private farming

Abstract. The article defines the problem of the lack of uniform and systematic approaches to growing crops on individual land plots. A person's lack of professional knowledge in the field of agricultural technologies and the presence of a lot of reference information form the risks of a negative impact on the natural environment. Existing hardware and software systems for efficient crop production are intended for use in farms or large agro-industrial complexes. The creation of a digital system for personal subsidiary plots allows you to ensure high yields in a small area, while maintaining a careful attitude to natural resources. The use of systems analysis, object-oriented design and graphical methods allowed the authors to develop a digital system that forms recommendations for effective plant cultivation, as well as monitor the land plot. The article presents the software and hardware architecture of the system, providing uninterrupted operation and accessibility to the functionality of different categories of users. The authors highlighted the main characteristics of such users and the opportunities available to them, as well as a description of typical scenarios for working in a digital system. Depending on the user's category, he can manage the resources of the digital system, view reference information, obtain current data on the state of the land plot and the quality of the work carried out, individual recommendations for the placement of plants (taking into account the neighborhood, principles of crop rotation, shading and other factors) or receive an automatically generated calendar of recommended works based on the current state of the site and the work carried out. To visualize scripts, the article shows fragments of the prototype user interface. The digital system is flexible and customizable. The authors concluded that the principles of the digital system meet the requirements of food and environmental safety.

Keywords: sustainable agriculture; agricultural products; crop production; management; digitalization; productivity; ecology