



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ-  
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

приоритет2030^  
лидерами становятся

**ЦИФРОВАЯ КАФЕДРА**

# **«ЦИФРОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ – СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ»**

*Материалы III Международной научно-практической  
конференции*

15-16 октября 2025 г.

Москва, 2025

УДК 338.432:004  
ББК 65.321.43:40:16.2  
Ц 75

Редакционная коллегия:

М.Н. Степанцевич, канд. экон. наук, доцент; Е.В. Худякова, д-р экон. наук, профессор; Л.В. Красовская, канд. техн. наук, доцент; А.А. Альшан

**Цифровые компетенции – сельскому хозяйству:** материалы III Международной научно-практической конференции 15-16 октября 2025 г. Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2025. – 202 с.

Сборник содержит материалы III Международной научно-практической конференции «Цифровые компетенции – сельскому хозяйству». В нем представлены исследования ученых, аспирантов, студентов из Тимирязевской академии, вузов России и зарубежных стран, посвященные последним тенденциям и инновациям в области цифровой трансформации агропромышленного комплекса.

Сборник ориентирован на преподавателей, студентов и научных работников, а также на руководителей предприятий и специалистов в сфере цифровизации агропромышленного комплекса.

© РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
ISBN – 978-5-9675-2116-4

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Секция 1. Программирование на языках высокого уровня в АПК**

<b>Вардаков И.С.</b> ПомиБотто – сервис отслеживания вегетации растений в тепличных условиях.....	9
<b>Курбонов С.Б.</b> Разработка алгоритма генерации всех возможных вариантов состава стада для начинающего фермера .....	12
<b>Агафонова А.В., Митаев В.Р.</b> Обучение нейросети для классификации земель на снимках с БАС .....	15

### **Секция 2. Цифровые технологии в садоводстве и садово-парковом строительстве**

<b>Ершова Э.</b> Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS) – метод-помощник в изучении генетики растений .....	19
<b>Кулакова А.В., Чупахина Е.В.</b> Создание цифровой модели для измерения размеров растительного материала .....	23
<b>Юсупова Р.</b> Применение цифровых технологий и IoT-систем для автоматизированного полива в теплицах и плодовых садах Туркменистана и Узбекистана .....	27

### **Секция 3. Методы машинного обучения в агробιοтехнологии**

<b>Сорокина М.Г., Крохина А.В.</b> Цифровой фито-аналитик: глубокое обучение для анализа изображений в клеточной биологии растений .....	31
<b>Солопенко В.В.</b> Разработка поисковой системы научной информации в сфере агробιοтехнологий с применением LLM .....	35
<b>Юрченко А.Д.</b> Машинное обучение в геномной селекции растений .....	39

### **Секция 4. Специалист по цифровым сервисам в растениеводстве**

<b>Гребёнкин А.М., Кудинов И.А., Малеев К.А.</b> Анализ направлений цифровизации агропромышленного комплекса .....	42
--	----

<b>Ильинова А.Г.</b> WeedControl: обнаружение сорных растений и прогнозирование урожайности на основе методов искусственного интеллекта .....	46
<b>Гречина В.Б.</b> Роботы для мониторинга состояния растений .....	50

## **Секция 5. Методы искусственного интеллекта на Python в кормлении животных**

<b>Феоктистова Л.А., Захарчук Е.Е.</b> Анализ результатов производственного испытания систем мониторинга кормления крупного рогатого скота на основе искусственного интеллекта .....	54
<b>Степанцевич М.Н., Алиев М.Х., Мигунов Р.А., Дорошкевич И.Н., Сюткина А.А.</b> Кадровые ресурсы цифровой трансформации АПК для продовольственной безопасности России и дружественных стран: опыт цифровой кафедры Тимирязевской академии .....	58
<b>Ястребова П.А.</b> Создание системы автоматизированного управления молочной продуктивностью крупного рогатого скота с применением технологий искусственного интеллекта .....	62

## **Секция 6. Оператор цифровой фермы**

<b>Адяев А.О.</b> Цифровая трансформация в скотоводстве: современные технологии и перспективы внедрения .....	66
<b>Бутырский А.А.</b> Сравнительный анализ систем управления стадом .....	69
<b>Лучков М.Б.</b> Перспективы интеграции искусственного интеллекта в технологии выращивания ремонтного молодняка .....	73

## **Секция 7. Создание цифровых двойников в гидротехнике**

<b>Томилова А.М.</b> Современные условия работы и повышение безопасности плотин и мостов в Приморском крае (цифровое моделирование) .....	77
<b>Азанова Д.А.</b> Современные условия работы и повышение безопасности	

плотин и мостов в Краснодарском крае (цифровое моделирование).....	80
<b>Аныев Д.Б.</b> Цифровой двойник хлопкового поля на основе модели CROPWAT.....	83

### **Секция 8. Машинное обучение в садоводстве**

<b>Мешков Е.К.</b> Цифровой мониторинг выращивания ягод .....	86
<b>Гребёнкин А.М., Жеребко А.О., Никаноров М.С.</b> ERP-системы в управлении сельским хозяйством .....	89
<b>Ястреб Р.С., Гребёнкин А.М., Мешков Е.К.</b> Интеллектуальные решения для выращивания ягод .....	93

### **Секция 9. Сбор и обработка данных с помощью БАС**

<b>Букреев К.Д.</b> Использование Open-Source ПО для создания ортофотопланов .....	96
<b>Мешков Е.К.</b> Технологические основы разработки набора для обучения эксплуатации беспилотных летательных аппаратов .....	99
<b>Пустобаев Л.А.</b> Системы опрыскивания для агродронов .....	103

### **Секция 10. Моделирование технологических процессов и средств механизации АПК в среде виртуальной реальности (VR/AR)**

<b>Зунин А.А.</b> Виртуальная реальность как инструмент повышения эффективности подготовки обучающихся по направлению «Техника и технологии гидромелиоративных работ» .....	106
<b>Крышмар М.Д.</b> Использование интеллектуальных систем для оптимизации технологических процессов ремонта двигателей автомобилей, на основе данных о техническом состоянии .....	110
<b>Мельников В.Д.</b> Перспективы использования AR технологий в АПК .....	114

## **Секция 11. Сельскохозяйственные робототехнические интеллектуальные системы**

- Панов В.С.** Применение технологий мягкой робототехники для сбора томатов в теплицах .....117
- Шпиндлер Л.С.** Обзор и анализ методов цифровизированной оценки качества плодоовощной продукции .....121
- Доненко С.Л.** Фрактальный подход для обработки сельскохозяйственных угодий в горной гряде .....124

## **Секция 12. 3D-моделирование и аддитивное производство в АПК**

- Штанько Д.А.** Применение виртуальной реальности для визуализации проектов перед печатью на 3D-принтере .....128
- Ермаков А.М.** Аддитивные технологии для животноводческого оборудования .....131
- Читчян К.Д.** Программное обеспечение для кастомизации продуктов на основе технологий 3D-моделирования и персонализации интерфейсов.....135

## **Секция 13. Нейронные сети на языке Python в АПК**

- Стукалин А.А.** Анализ методов автоматизации мониторинга здоровья растений при помощи нейросетей .....139
- Бука А.Р., Котеева А.С.** Прогнозирование производства картофеля в России с использованием методов машинного обучения и нейронных сетей.....142
- Подлубный В.Ю.** Сравнительный анализ применения классических методов машинного обучения и глубоких нейронных сетей к табличным данным ....145

## **Секция 14. Цифровые технологии в экономической безопасности**

- Макаров И.В., Чернолуцкий Ф.Р.** Методы машинного обучения в экономической безопасности .....148
- Никитина И.Д., Набатова В.А.** Использование цифровой криминалистики для выявления и предотвращения корпоративного мошенничества .....152

**Шевелев А.Д., Сунцов Е.А.** Цифровые следы и их значение в расследовании экономических преступлений .....156

**Секция 15. Специалист по цифровым сервисам в профессиональном образовании**

**Черныш У.А.** Дидактические возможности платформы Stepik при обучении языкам программирования в колледже .....159

**Петриченко В.О.** Web-сервис для диагностики учебных достижений студентов колледжа .....163

**Костюченко С.Д.** Интеграция платформы «Московская электронная школа» в систему управления качеством образования в колледже: возможности и перспективы .....167

**Секция 16. Web-разработчик приложений для бизнеса в АПК**

**Калин Ф.В., Походняк Д.В.** Разработка картографического сервиса для кампуса Тимирязевки .....171

**Походняк Д.В., Калин Ф.В., Шаманский Д.П., Мехтиев Р.А.** Прототип веб-сервиса кампуса РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева .....174

**Авдеев С.А., Гусев Н.С.** Разработка архитектуры веб-приложения дистанционного мониторинга химического состава кормовых трав .....178

**Секция 17. Администратор баз данных перерабатывающих производств**

**Демичев В.В., Андреев В.Н.** Расчет параметров системного анализа линии производства майонеза с применением программы для ЭВМ .....181

**Вельтищева А.Ю.** Базы данных для создания учебной литературы на примере учебника Технологическое оборудование переработки молока .....184

**Сграбилов В.А., Алексеенко А.А., Абашин Ф.В.** Использование логгеров температуры для минимизации технологических рисков в перерабатывающей промышленности.....188

**Секция 18. Специалист по эксплуатации роботизированных систем**

<b>Попов И.А.</b> Разработка цифровой системы мониторинга начала отёла у коров .....	192
<b>Павлов Д.А.</b> Умный матрас для охлаждения коров в летнее время .....	196
<b>Чернышов Е.Е., Ерохин Д.С.</b> Использование цифровой карты сельскохозяйственных угодий для координатного посева .....	199

## СЕКЦИЯ 1. ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ В АПК

УДК 631.544

### ПОМИБОТТО - СЕРВИС ОТСЛЕЖИВАНИЯ ВЕГЕТАЦИИ РАСТЕНИЙ В ТЕПЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

**Вардаков Игорь Станиславович**, студент 4 курса института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева, Vardakov05@gmail.com

**Научные руководители – Мякшин Николай Александрович**, ассистент кафедры систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов, ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева, miakshin\_na@rgau-msha.ru; **Кузина Оксана Михайловна**, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева, kuzina\_om@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье представлен проект «ПомиБотто» — цифровая система мониторинга вегетации растений в тепличных условиях, основанная на интеграции IoT-датчиков, Telegram-бота и аналитического модуля с элементами искусственного интеллекта.*

***Ключевые слова:** умная теплица, мониторинг вегетации, IoT-датчики, Telegram-бот, цифровое растениеводство.*

Современный этап развития науки и техники позволяет решать агротехнологические задачи с беспрецедентной точностью и автоматизацией. Достижения в области интернета вещей (IoT), сенсорных технологий, облачных вычислений и искусственного интеллекта создали условия для построения комплексных цифровых систем мониторинга даже в таких тонких сферах, как управление вегетацией растений в защищённом грунте.

В данной статье предлагается реализация системы способную в реальном времени отслеживать ключевые параметры микроклимата и физиологического состояния растений, анализировать их и выдавать рекомендации по оптимизации агротехнологических процессов [1] — «ПомиБотто», предназначенной для мониторинга вегетации растений в тепличных условиях. Рассматривается архитектура решения, включающая подбор оптимального набора датчиков для контроля почвенных и климатических параметров, выбор способа передачи и обработки данных, а также обсуждается подход к реализации пользовательского интерфейса. Особое внимание уделяется использованию Telegram-бота как альтернативы традиционным мобильным приложениям — с точки зрения доступности,

простоты внедрения и удобства для конечного пользователя [4]. Представленный подход направлен на повышение эффективности тепличного производства за счёт стандартизированного сбора данных, их анализа и обеспечения прозрачности агротехнологического процесса.

Система «ПомиБотто» состоит из трёх взаимосвязанных компонентов: аппаратной, программной и аналитической частей.

Аппаратная часть включает набор датчиков, адаптированных под тепличные условия: климатические (температура и влажность воздуха), почвенные (температура, влажность, pH) и камеру для визуального контроля роста растений.

Программная реализация выполнена в виде Telegram-бота – лёгкого и доступного интерфейса, не требующего установки отдельного приложения. В перспективе возможна разработка мобильной или веб-версии.

Аналитический модуль на базе искусственного интеллекта обрабатывает данные с датчиков, оповещает пользователя о критических отклонениях и выдаёт рекомендации по уходу за растениями [3].

Для быстрого доступа к истории выращивания конкретной партии продукции используется QR-код [5]: его сканирование открывает полную информацию о параметрах роста — от посева до сбора урожая. Техническая реализация проекта представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Техническая реализация проекта «ПомиБотто»

Проект «ПомиБотто» демонстрирует, как современные цифровые технологии могут быть эффективно интегрированы в тепличное растениеводство для повышения управляемости, прозрачности и ресурсной эффективности. Предложенная система объединяет доступную аппаратную базу, удобный интерфейс на основе Telegram-бота и интеллектуальный аналитический модуль, что делает её практичным решением как для небольших хозяйств, так и для образовательных или исследовательских целей.

Использование QR-кодов для трассировки продукции добавляет дополнительный уровень доверия со стороны потребителя. В совокупности эти элементы формируют основу для дальнейшего развития умных теплиц [4], ориентированных на устойчивое и цифровизированное сельское хозяйство будущего.

#### Библиографический список

1. Вардаков, И. С. Интеграция умных теплиц в органическое сельское хозяйство: технологии и перспективы / И. С. Вардаков, В. Р. Митаев, А. В. Агафонова // Экологическое будущее: научные подходы к органическому сельскому хозяйству : Материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, р.п. Правдинский, Московская область, 10 апреля 2025 года. – р.п. Правдинский, Московская область: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2025. – С. 196-200. – EDN RNETFF.

2. Заманов, А. А. Опыт разработки для Умной теплицы с использованием Интернета вещей / А. А. Заманов, В. Х. Абдрахманов // Актуальные проблемы науки и образования в современном вузе: Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Стерлитамак, 26–28 сентября 2024 года. – Стерлитамак: Уфимский университет науки и технологий, 2024. – С. 219-221. – EDN EWPYXV.

3. Использование мультимодальной нейросети для организации бизнес-процессов и распознавания документов / Н. А. Мякшин, О. М. Кузина, Н. В. Гавриловская, А. С. Балабаев // Инноватика в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития: сборник научных статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции, Уфа, 13 декабря 2024 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2024. – С. 209-214. – EDN FRUCGU.

4. Мякшин, Н. А. Использование ботов в качестве front-end в разработке it-проектов в АПК / Н. А. Мякшин // Управление рисками в АПК. – 2024. – № S3(53). – С. 592-599. – EDN YLTQСX.

5. Хованская, Ю. А. Роль QR-кодов в современном обществе, сферы применения, безопасность и перспективы QR-кодов / Ю. А. Хованская, Л. А. Сафонова // Наука в аудитории: образовательные технологии для исследовательской деятельности: Сборник научных трудов I Международной студенческой научно-практической конференции, Курск, 18 декабря 2024 года. – Курск: Курский государственный медицинский университет, 2024. – С. 487-488. – EDN TNVIPK.

УДК 004.423

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ГЕНЕРАЦИИ ВСЕХ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ СОСТАВА СТАДА ДЛЯ НАЧИНАЮЩЕГО ФЕРМЕРА**

**Курбонов Сардор Бахтиярович**, студент 1 курса института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева, sardorkurbonov228@gmail.com

**Научный руководитель - Щедрина Елена Владимировна**, канд.пед.наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов, ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева, shchedrina@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Разработан алгоритм, который может быть адаптирован под конкретные зоотехнические и экономические условия, что делает его универсальным инструментом для планирования хозяйственной деятельности начинающих фермеров для генерации всех возможных вариантов состава стада, с учетом экономических ограничений, таких как полное использование выделенных субсидий.*

***Ключевые слова:** алгоритм, генерация, состав стада, фермер, оптимизация, бюджет.*

Современное сельское хозяйство сталкивается с возрастающей конкуренцией на глобальном и локальном уровнях, вызванной как ростом спроса на качественную сельскохозяйственную продукцию, так и расширением рынка за счет крупных агрохолдингов [2].

Начинающие фермеры, выступающие в роли ключевых участников государственных и региональных программ поддержки сельского хозяйства, таких как субсидии на развитие производства, часто не обладают достаточным опытом и знаниями для оптимального распределения выделенных средств [1].

Сложность процесса планирования усугубляется внешними факторами, такими как динамика цен на скот, которая зависит от рыночных условий, инфляции и спроса на мясо, молоко или другие продукты; сезонные колебания предложения, связанные с периодами отела, выведения молодняка или подготовки скота к продаже, добавляют нестабильности в расчеты.

Кроме того, строгие требования к отчетности перед контролирующими органами, включая необходимость полного освоения субсидий и документального подтверждения каждой статьи расходов, создают дополнительные барьеры для начинающих фермеров, не всегда обладающих навыками бухгалтерского учета или доступа к специализированным программам.

Разработка автоматизированных инструментов, таких как предложенный в данной работе алгоритм, направлена на преодоление этих барьеров путем предоставления фермерам доступного и эффективного средства для анализа и планирования [3].

На сегодняшний день для планирования состава стада фермерами используются в основном ручные расчеты или простые электронные таблицы, что ограничивает их способность учитывать все возможные комбинации при сложных финансовых ограничениях [4].

Некоторые коммерческие программные продукты предлагают модули оптимизации, однако они часто требуют платной подписки и не адаптированы под российские программы субсидирования.

Предложенный алгоритм заполняет этот пробел, обеспечивая бесплатный и доступный инструмент с открытым исходным кодом для генерации всех возможных вариантов состава стада с учетом финансовых ограничений, что обеспечивает пользователей исчерпывающими данными для принятия обоснованных решений.

Для решения задачи использован язык программирования Python 3.13.5. Алгоритм основан на переборе всех возможных комбинаций количества быков (b), коров (k) и телят (t), удовлетворяющих условиям:

- Общее количество голов скота = 100;
- Общая стоимость = 100000 рублей;
- Стоимость: бык - 10000 руб., корова - 5000 руб., теленок - 500 руб.

Перебор реализован с использованием вложенных циклов, с возможностью динамического ввода параметров (стоимость скота и бюджет) через консоль для адаптации к реальным условиям. Код включает функции `generate_herd_combinations()` для генерации комбинаций и `print_combinations()` для вывода результатов.

Фрагмент кода:

```
import itertools
# Константы: стоимость скота и общие ограничения
BULL_COST = int(input('10000: ')) # Стоимость быка, руб.
COW_COST = int(input('5000: ')) # Стоимость коровы, руб.
CALF_COST = int(input('500: ')) # Стоимость теленка, руб.
TOTAL_ANIMALS = int(input('100: ')) # Общее количество голов
TOTAL_BUDGET = int(input('100000: ')) # Общий бюджет, руб.
def generate_herd_combinations():
    combinations = []
    for bulls in range(TOTAL_ANIMALS + 1):
        for cows in range(TOTAL_ANIMALS - bulls + 1):
            calves = TOTAL_ANIMALS - bulls - cows
            if bulls + cows + calves == TOTAL_ANIMALS:
                total_cost = (bulls * BULL_COST) + (cows * COW_COST) +
(calves * CALF_COST)
                if total_cost == TOTAL_BUDGET:
                    combinations.append((bulls, cows, calves))
    return combinations
def print_combinations(combinations):
    if not combinations:
```

```

    print("Решений нет: -1 -1 -1")
else:
    for bulls, cows, calves in combinations:
        print(f"Быки: {bulls}, Коровы: {cows}, Телята: {calves}")
if __name__ == "__main__":
    herd_combinations = generate_herd_combinations()
    print_combinations(herd_combinations)

```

Ниже приведены все возможные комбинации состава стада при заданных параметрах:

- Быки: 0, Коровы: 0, Телята: 100
- Быки: 0, Коровы: 10, Телята: 90
- Быки: 5, Коровы: 10, Телята: 85

Полученные комбинации демонстрируют разнообразие вариантов, которые могут быть адаптированы под разные стратегии фермерства. Например, вариант с большим количеством телят подходит для долгосрочного разведения, тогда как комбинация с коровами может быть предпочтительна для молочного производства.

Анализ показывает, что алгоритм успешно справляется с задачей полного покрытия решениями в рамках заданных ограничений, однако ограниченная вариативность цен и отсутствие учета биологических факторов (например, выживаемости телят) указывают на необходимость дальнейшей доработки.

Сравнение с ручными методами показывает сокращение времени на расчет с часов до секунд, что подчеркивает практическую ценность разработки.

#### Библиографический список

1. Зоотехния = Zootechniua: теоретический и научно-практический журнал по всем отраслям животноводства. 2023, № 5. — Москва, 2023. — 40 с.
2. Ивашова, О. Н. Внедрение цифровых технологий для обеспечения развития сельскохозяйственной отрасли / О. Н. Ивашова, Н. В. Гавриловская, Е. В. Щедрина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2022. — № 3-2(66). — С. 137-139.
3. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, О. Ю. Лобанкова, В. И. Радченко. — 5-е изд. — Ставрополь: СтГАУ, 2014. — 200 с. — ISBN 978-5-9596-0771-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/61085> (дата обращения: 14.10.2025).
4. Цифровые технологии в АПК: учебник / Е. В. Худякова, М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев / ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева». — М.: ООО «Мегаполис», 2022. — 220 с.

УДК 631.544

## **ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА СНИМКАХ С БАС**

**Агафонова Анастасия Владимировна**, студент 4 курса института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, Agafonovaanastasiya@icloud.com

**Митаев Владимир Романович**, студент 4 курса института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, lord\_gaben@bk.ru

**Научные руководители - Бенин Дмитрий Михайлович**, к.т.н., доцент, и.о. директора института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, gavrilovskayanv@rgau-msha.ru; **Гавриловская Надежда Владимировна**, к.т.н., и.о. заведующего кафедрой систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, gavrilovskayanv@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Представлен подход к обучению нейронной сети для автоматической классификации сельскохозяйственных земель на аэрофотоснимках. Описывается методика использования предобученных Vision Transformer моделей для извлечения признаков и последующего обучения декодера для задачи семантической сегментации.*

***Ключевые слова:** нейронные сети, Vision Transformer, семантическая сегментация, классификация земель, аэрофотосъемка, беспилотные авиационные системы, геоинформационные системы, сельское хозяйство.*

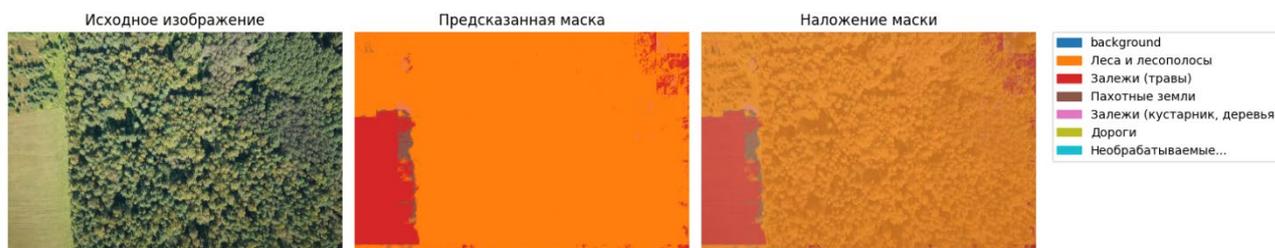
Обучение нейронных сетей для задачи классификации сельскохозяйственных земель на аэрофотоснимках, полученных с беспилотных авиационных систем, представляет собой комплексную задачу, требующую интеграции современных методов машинного обучения с геоинформационными технологиями. В рамках реализации федерального проекта «Кадры для беспилотных авиационных систем» государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» была разработана методика обучения нейронной сети, способной автоматически классифицировать типы землепользования на основе данных дистанционного зондирования. Особенность подхода заключается в использовании предобученных Vision Transformer моделей [3], что позволяет эффективно извлекать пространственные признаки из изображений аэрофотосъемки и достигать высокой точности классификации.

Процесс обучения нейронной сети начинается с подготовки обучающего датасета, который формируется из тайлов ортофотопланов и соответствующих им масок сегментации. Каждый тайл размером  $512 \times 512$  пикселей сопоставляется с маской, содержащей семантическую разметку по шести классам сельскохозяйственных угодий. Для извлечения признаков используется предобученная модель, архитектура которой основана на Vision Transformer и показывает высокую эффективность в задачах понимания визуального содержания. Извлечение признаков осуществляется из внутреннего слоя модели, что позволяет получить компактное и информативное представление входного изображения, сохраняя при этом пространственную структуру данных.

Следующим этапом становится обучение декодера, который преобразует извлеченные признаки в семантическую маску сегментации. Архитектура декодера представляет собой последовательность транспонированных сверточных слоев, каждый из которых удваивает пространственное разрешение признаков, сопровождаясь нормализацией и нелинейными преобразованиями. Обучение осуществляется с использованием функции потерь типа CrossEntropy [2], которая эффективно работает с многоклассовой задачей классификации пикселей. Для повышения устойчивости модели к переобучению применяется смешанная точность обучения и градиентное масштабирование, что особенно важно при работе с ограниченным объемом обучающих данных.

В процессе обучения нейронной сети особое внимание уделяется настройке гиперпараметров, включая размер батча, скорость обучения и количество эпох. Оптимизация параметров модели выполняется с использованием алгоритма AdamW [4], который показывает высокую эффективность при обучении глубоких архитектур. Регулярный мониторинг метрик на валидационной выборке позволяет отслеживать процесс обучения и избегать переобучения [1]. После завершения процесса обучения модель демонстрирует способность к точной классификации различных типов сельскохозяйственных угодий, что подтверждается высокими показателями точности на тестовых данных.

Интеграция обученной нейронной сети в единый пайплайн обработки данных позволяет автоматизировать процесс классификации больших территорий, получая на выходе геопривязанные векторные данные, пригодные для дальнейшего анализа в геоинформационных системах [5]. Пример реализации алгоритма автоматической классификации сельскохозяйственных земель по результатам аэрофотосъемки представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Пример реализации алгоритма автоматической классификации сельскохозяйственных земель по результатам аэрофотосъемки**

Результаты инференса модели проходят этап векторизации, где растровые маски преобразуются в векторные полигоны с атрибуцией по классам. Такой подход обеспечивает не только высокую точность классификации, но и удобство последующего использования результатов в практической деятельности сельскохозяйственных предприятий и государственных структур. Экономическая эффективность применения обученной нейронной сети проявляется в значительном сокращении времени и трудозатрат на анализ земельных ресурсов по сравнению с традиционными методами.

#### Библиографический список

1. Кевбрин, В. А. Обзор модели машинного обучения vision Transformer и различных вариантов ее развития / В. А. Кевбрин, Н. П. Плотникова // Материалы XXV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета: Материалы конференции. В 3-х частях, Саранск, 23–27 мая 2022 года / Сост. К.В. Родионова, отв. за выпуск А.М. Давыдкин. Том Часть 1. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2022. – С. 265-271. – EDN AXVEEI.
2. Global-local attention with triplet loss and label smoothed crossentropy for person re-identification / N. Tran, T. Nguyen, M. Nguyen [et al.] // IAES International Journal of Artificial Intelligence. – 2023. – Vol. 12, No. 4. – P. 1883. – DOI 10.11591/ijai.v12.i4.pp1883-1891. – EDN FWHJVG.
3. Peeling the Onion: Hierarchical Reduction of Data Redundancy for Efficient Vision Transformer Training / Zh. Kong, H. Ma, G. Yuan [et al.] // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2023. – Vol. 37, No. 7. – P. 8360-8368. – DOI 10.1609/aaai.v37i7.26008. – EDN FKELQX.
4. Shaji, L. AdamW-RSO DBN: AdamW-Rat Swarm Optimized deep belief network for software vulnerability detection / L. Shaji, S. P. R // Multimedia Tools and Applications. – 2024. – DOI 10.1007/s11042-024-20194-y. – EDN JPEYGD.
5. ViTAE-SL: A vision transformer-based autoencoder and spatial interpolation learner for field reconstruction / H. Fan, S. Cheng, A. J. De Nazelle, R.

Arcucci // Computer Physics Communications. – 2025. – Vol. 308. – P. 109464. – DOI 10.1016/j.cpc.2024.109464. – EDN GYBDYJ.

## СЕКЦИЯ 2. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В САДОВОДСТВЕ И САДОВО-ПАРКОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 575

### ПОЛНОГЕНОМНЫЙ ПОИСК АССОЦИАЦИЙ (GWAS) – МЕТОД-ПОМОЩНИК В ИЗУЧЕНИИ ГЕНЕТИКИ РАСТЕНИЙ

**Ершова Элина**, студентка 1 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, lina2211e@mail.ru

**Научный руководитель – Лисовая Дарья Дмитриевна** – ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, d.lisovaya@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье приведен обзор биоинформатического метода полногеномного поиска ассоциаций (GWAS), используемого в селекции растений.*

***Ключевые слова:** GWAS, SNP, аллель, Manhattan Plot, QQ-plot, LD, биоинформатика, селекция.*

Полногеномный поиск ассоциаций или GWAS (genome-wide association studies) - метод исследования связей между набором однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) по всему геному и желаемыми фенотипическими признаками.

Методы для проведения общегеномных ассоциативных исследований (GWAS) разрабатывались в конце 1990-х годов. Публикация результатов была осуществлена в 2005 году Хайнсом, который обнаружил 2 SNP при изучении возрастной макулодистрофии у человека. Научная статья «Complement Factor H Variant Increases the Risk of Age-Related Macular Degeneration» была опубликована в журнале Science. Следует отметить, что в 2002 году была опубликована работа, также использовавшая подход полногеномного поиска ассоциаций для изучения инфаркта миокарда. Однако именно исследование 2005 года считается первым, которое четко продемонстрировало потенциал методологии GWAS и положило начало ее широкому распространению. [2, 3]

Целью GWAS является выявление связи между частотой аллелей или генотипов и состоянием признаков в виде фенотипических наблюдений.

Первым этапом такого анализа является определение характеристик, которые будут оцениваться, и выбор приемлемой группы для исследования с учетом размера популяции, а также степени генетического и фенотипического разнообразия. Генотипирование может быть необходимым или нет, в зависимости от того, выбрана ли новая или хорошо изученная популяция. Для этого можно использовать массивы однонуклеотидных полиморфизмов (SNP)

с последующим восстановлением недостающих данных, либо секвенирование всего генома. Затем с помощью тестов на ассоциации выявляются области генома, которые имеют общегеномную ассоциацию с вариацией интересующего фенотипа. Для повышения статистической значимости с целью обнаружения ассоциаций часто используется метаанализ.

К основным ограничениям GWAS можно отнести следующие:

#### 1. Вариация фенотипических данных

Важно анализировать исходные фенотипические данные, выявлять и при необходимости исключать выбросы. Кроме того, необходимо учитывать наследуемость признака, так как высокая наследуемость увеличивает шансы обнаружить истинные связи.

#### 2. Общее количество особей во всей популяции

Размер популяции или размер выборки считается ключевым фактором при проведении GWAS, поскольку получение значимых результатов полностью зависит от размера выборки. Для проведения GWAS необходим или приемлем размер выборки от 100 до 500 (или более 500) особей, а размер выборки менее 100 считается недостатком, который снижает или ограничивает эффективность GWAS. Помимо этого, после завершения генотипического и фенотипического анализа особей для исследования отбираются особи с максимальной вариацией.

#### 3. Структура популяции

Важно учитывать генеалогическую или историческую связь между индивидуумами, поскольку она влияет на анализ и интерпретацию результатов. Поскольку не все индивидуумы одинаково связаны друг с другом на генетическом уровне, это считается основным ограничением GWAS. Если при проведении GWAS структура популяции игнорируется, это приводит к ложным ассоциациям между фенотипом и генотипом. Для учёта структуры популяции могут использоваться программы (STRUCTURE, ADMIXTURE), метод главных компонент (PCA) и матрица родства (Kinship matrix).

#### 4. Распределение частоты аллелей

Редкие аллели (с частотой <math><5\%</math>) сложно обнаружить, но они могут сильно влиять на фенотип.

#### 5. Неравномерное сцепление (LD)

LD (Linkage Disequilibrium или Неравновесное сцепление) — это неслучайная ассоциация между аллелями двух или более генетических вариантов (например, SNP) в популяции. Проще говоря, это означает, что определенные версии генов (аллели) встречаются вместе чаще, чем это можно было бы ожидать просто по случайности.

Высокий LD может приводить к ложным ассоциациям, но также позволяет охватить весь геном меньшим числом маркеров.

Внедрение и усовершенствование новых подходов к GWAS всегда были предметом интереса с момента появления метода картирования ассоциаций на основе LD. [1, 3]

На данный момент выделены три основные области, которые, как считается, не только позволят преодолеть вышеупомянутые ограничения, но и улучшат GWAS в различных аспектах. Эти три развивающиеся области включают:

- 1) разработку новых эффективных систем маркеров
- 2) разработку и усовершенствование программного обеспечения и статистических моделей для статистического анализа с целью повышения разрешения GWAS
- 3) минимизацию ошибок в фенотипических данных путем внедрения высокопроизводительных методов фенотипирования [1]

В качестве визуализации результатов GWAS часто можно встретить Манхэттен-плот и QQ-плот, которые в качестве примера представлены на рисунке 1 под буквами А и В соответственно. Манхэттен-плот позволяет оценить какие из результатов (например, SNP) можно считать наиболее достоверными. Если говорить кратко, то достоверными, а значит и искомыми считаются “точки” выше горизонтальной линии. Значения “точек” расположенные ниже считаются недостаточно достоверными для искомого признака. QQ-плот показывает связь между наблюдаемыми и ожидаемыми значениями. Если точки в левой части графика лежат вне красной линии, а отхождение от нее в правой части начинается слишком рано, то скорее всего имеются проблемы и нужно переделывать (в худшем случае, большую часть работы). [3]

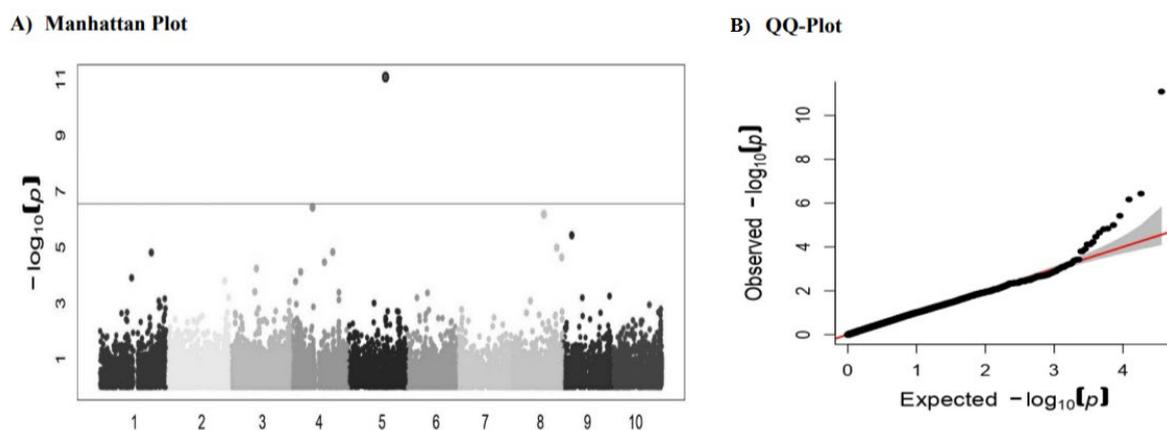


Рисунок 1 – **Результаты GWAS**: А – Манхэттен-плот (Manhattan plot), В - Квантиль-квантиль (QQ) график модели GWAS (Quantile-quantile (QQ) plot of GWAS model).

В результате постоянного снижения стоимости секвенирования ДНК, секвенирование всего генома стало доступным для широкого спектра видов с фенотипическими вариациями, что способствует применению GWAS в различных сферах. На данный момент с помощью GWAS были исследованы многие важные сельскохозяйственные культуры, сделан вклад в развитие селекции растений. Этот метод уже хорошо зарекомендовал себя на практике,

а потому возможно со временем он внесет еще больший вклад в эту отрасль, позволив сделать еще множество открытий.

#### Библиографический список

1. Ahmed S. R. et al. Advancing crop improvement through GWAS and beyond in mung bean //Frontiers in Plant Science. – 2024. – Т. 15. – С. 1436532.
2. Haines J. L. et al. Complement factor H variant increases the risk of age-related macular degeneration //Science. – 2005. – Т. 308. – №. 5720. – С. 419-421.
3. Narkhede G. W. et al. Perspectives of genome-wide association studies (GWAS) in plant breeding //Exploration in genomics: a contemporary approach. SR Scientific Publications, Agra. – 2022.

УДК 004.932.2

## СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

**Кулакова Анна Вадимовна**, магистрантка 1 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, anna.kulakova03@mail.ru

**Чупахина Екатерина Вячеславовна**, магистрантка 1 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, keti.keitering@yandex.ru

**Научный руководитель – Миронов Алексей Александрович**, к.с.-х.н., доцент, заместитель директора института садоводства и ландшафтной архитектуры по науке и практике, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, a.mironov@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В ходе проведения прикладных исследований возникает необходимость анализировать размер растительных объектов в больших количествах с высокой точностью. Нами предложен алгоритм, позволяющий анализировать изображения и получать размер образцов на фотографиях с помощью их сравнения с объектом-эталоном.*

***Ключевые слова:** цифровая модель, цифровое фенотипирование, машинное обучение, методы машинного обучения, прикладные методы исследования.*

При совершенствовании технологий молекулярной селекции и возникает необходимость получения и обработки больших данных. Для ускорения и оптимизации работы исследователей необходимо использовать методы машинного обучения [3]. Кроме того, остро стоит проблема создания и внедрения цифровых моделей для автоматизации исследования значительных объёмов растительного материала [1]. В России есть лаборатории, занимающиеся разработкой и внедрением методов цифрового фенотипирования, использование которых позволяет получать детализированные данные с большого числа растений. Однако сложность и дороговизна необходимого для фенотипирования оборудования существенно осложняет работу исследователей в других учреждениях [2]. Упрощённые компоненты программы оценки растительного материала, использование которых не требует применения роботизированных систем, могли бы принести большую пользу при проведении прикладных исследований, для изучения небольших коллекций. Таким образом, целью данной работы стало создание примитивной цифровой модели для нахождения размера растительного материала по фотографии.

Материалы и методы. Алгоритм для расчёта размеров объекта был написан на языке R с помощью программного обеспечения с открытым исходным кодом. В качестве измеряемого объекта был использован лист сеноплии. Фото объекта было получено с помощью использования камеры мобильного устройства (Рисунки 1,2).



Рисунок 1 – Лист фиалки с линейкой



Рисунок 2 – Лист редиса с линейкой

Чтобы найти размер исследуемого образца, мы решили прибегнуть к сравнению размера объекта с эталоном, расположенным рядом с объектом. В качестве эталона мы использовали линейку размером 20 см.

Результат. В результате проведённой работы был получен алгоритм, способный на основе фотографии объекта выдавать его размеры в сантиметрах. Принцип работы заключается в том, что размер объекта рассчитывается как расстояние между двумя точками, заданными исследователем, и сравнением полученной пиксельной длины с размерами эталона, длина которого задана вводится в сантиметрах как константа. Исследователь вручную отмечает с помощью точек интересующие параметры

(длину или ширину) образца и эталона, и затем выполняется подсчёт количества пикселей и перевод в сантиметры. Точность работы алгоритма зависит от качества фотографии и точности постановки границ объектов (Таблица 1).

Таблица 1

**Сравнение измерений, полученных в результате работы программы и полученных вручную (с помощью линейки)**

№	Растение	Размер, полученный вручную, см	Размер, полученный с помощью программы, см
1	Фиалка, лист, длина	5,35	5,40
2	Фиалка, лист, ширина	3,90	3,88
3	Редис, лист, длина	18,30	18,25
4	Редис, лист, ширина	8,60	8,63

Преимущества данной модели заключаются в сравнительно высокой точности, зависящей от исследователя, в возможности анализировать различные объекты (листья, стебли, корни) разных культур, в простоте расчётов и необходимости малых ресурсов для проведения анализа. Недостатками являются: наличие ручного труда при обработке изображения, невозможность сохранения размеров объектов, невозможность загрузки большого количества изображений при проведении масштабных исследований. С учётом вышесказанных недостатков, метод оценки растительного материала может быть доработан. Во-первых, может быть достигнуто расширение использованных форматов изображений (в текущей версии возможен анализ изображений только в формате JPG). Во-вторых, дальнейшая доработка модели будет направлена в сторону автоматизации, чтобы минимизировать работу исследователя и научить алгоритм получать границы объектов самостоятельно, основываясь на оттенках серого. В-третьих, в дальнейшем возможно добавление возможности сохранения размеров объектов, и добавление функции динамического исследования, при котором будут использоваться размеры уже исследованных объектов в качестве эталонов.

#### Библиографический список

1. Cheshkova AF. Identification of fungal diseases in strawberry by analysis of hyperspectral images using machine learning methods. *Vavilovskii Zhurnal Genet Seleksii*. 2025 Apr;29(2):310-319. doi: 10.18699/vjgb-25-34. PMID: 40264803; PMCID: PMC12011630.
2. Maximov L.V., Gurova T.A., Elkin O.V. Development of software and hardware complex for phenotyping of grain crop stress by hyperspectral images. In: *Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes (SDM-2023)*. Novosibirsk, 2023; 289-293. <https://doi.org/10.25743/sdm.2023.42.73.049>

3. Singh A., Ganapathysubramanian B., Singh A.K., Sarkar S. Machine learning for high-throughput stress phenotyping in plants. *Trends Plant Sci.* 2016;21(2):110-124. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.10.015>

УДК 631.53:004.94

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И IoT-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛИВА В ТЕПЛИЦАХ И ПЛОДОВЫХ САДАХ ТУРКМЕНИСТАНА И УЗБЕКИСТАНА**

**Юсупова Роза** – студент 1-го курса по специальности Гидромелиорации Туркменский сельскохозяйственный институт, г. Дашогуз, Туркменистан  
**Научный руководитель – Балтаева Саяра Алтыбаевна** - старший преподаватель Туркменский сельскохозяйственный институт, г. Дашогуз, Туркменистан, [narmemedowa09@gmail.com](mailto:narmemedowa09@gmail.com)

***Аннотация.** Статья рассматривает применение цифровых технологий и IoT-систем для автоматизированного полива в теплицах и плодовых садах Туркменистана и Узбекистана. Использование сенсоров влажности, температуры, освещённости и качества воды, а также автоматизированных систем полива позволяет повысить эффективность водопользования, увеличить урожайность и снизить трудозатраты. Приводятся примеры внедрения технологий в этих странах, рассматриваются международные практики и перспективы масштабирования.*

***Ключевые слова:** цифровые технологии, IoT, автоматизированный полив, теплицы, плодовые сады, Туркменистан, Узбекистан, устойчивое сельское хозяйство, мониторинг растений, сенсорные системы.*

Сельское хозяйство Туркменистана и Узбекистана, особенно плодовые сады и теплицы, является ключевым сектором продовольственной безопасности. Ограниченные водные ресурсы и климатические условия создают необходимость рационального использования воды [1].

Цифровизация сельского хозяйства и внедрение IoT-технологий позволяют контролировать состояние почвы и растений в реальном времени, оптимизировать полив и создавать прогнозы для улучшения урожайности. Эти технологии автоматизируют процессы, сокращают трудозатраты и минимизируют потери воды [2].

Для мониторинга и управления применяются:

1. Сенсорные системы: влажность почвы, температура, освещённость, pH и химический состав воды.
2. Автоматизированный полив: капельное орошение, спринклерные системы, подземное орошение и смешанные схемы с ручным управлением через приложения.
3. IoT-платформы: сбор, хранение и анализ данных в облаке, интеграция с мобильными приложениями.

4. Программное обеспечение: Growatt, Netafim, Climate Control, FarmBeats, Agrivi, Cropx, GIS-системы для картографирования садов и анализа распределения воды.
5. Анализ эффективности: экономия воды, рост урожайности, снижение трудозатрат, сравнение с традиционными методами [3].

Основная часть

1. Виды автоматизированного полива
  - *Капельное орошение*: вода подаётся к корням, минимизируя испарение.
  - *Спринклерный полив*: распределение воды на большие площади, применимо в плодовых садах.
  - *Подземное орошение*: вода подаётся к корневой зоне через трубы под землёй.
  - *Смешанный вариант*: ручное управление с автоматикой через приложения.
2. Сенсорные технологии и IoT
  - *Влажность почвы*: автоматический запуск полива при низком уровне воды.
  - *Температура и освещённость*: регулирование полива и вентиляции в теплицах.
  - *Качество воды*: pH, солёность, химический состав.
  - *Датчики дождя и ветра*: предотвращение ненужного полива.
3. Программное обеспечение и платформы мониторинга
  - *Growatt, Netafim, Climate Control* — управление поливом и микроклиматом.
  - *FarmBeats (Microsoft)* — облачная аналитика данных сенсоров, прогнозирование потребностей растений.
  - *Agrivi, Cropx* — мобильные приложения для контроля почвы и планирования полива.
  - *GIS-системы* — картографирование садов, анализ распределения воды и состояния почвы [5].
4. Применение в Туркменистане и Узбекистане
 

*Туркменистан:*

  - Теплицы Дашогузской области используют капельное орошение с сенсорами влажности и управление через IoT-платформу.
  - Плодовые сады юга Туркменистана применяют спринклерные системы с учётом прогноза погоды и сенсорных данных.
  - Мобильные приложения и облачные платформы позволяют дистанционно контролировать полив и состояние растений.

*Узбекистан:*

  - В Ташкентской области (Аккурганский район) внедрена солнечная система капельного орошения, позволяющая экономно использовать воду и снижать энергозатраты.

- В Ферганской долине в рамках «Цифровых деревень» фермеры используют сенсоры температуры, влажности, освещённости и почвы, что позволяет оптимизировать полив [1].
- Солнечные системы капельного орошения повышают энергоэффективность и устойчивость сельского хозяйства [4].

#### 5. Международный опыт

- Китай: IoT и автоматизированный полив для овощных теплиц.
- Израиль: капельное орошение с сенсорами и климатическими станциями.
- Нидерланды: цифровой мониторинг тепличных растений и интеграция климат-контроля.

#### 6. Преимущества и эффективность

- Экономия воды до 30–40%.
- Рост урожайности на 15–25%.
- Контроль и прогнозирование потребностей растений в реальном времени.

Цифровизация и автоматизация полива повышают эффективность использования воды, позволяют контролировать рост растений и улучшить устойчивость сельского хозяйства. Основные проблемы — стоимость оборудования, подготовка персонала, интеграция данных в национальные платформы.

Перспективы: создание цифровых двойников теплиц и садов, прогнозирование урожайности, интеграция данных с национальными системами сельского хозяйства и обучение специалистов для работы с IoT-системами.

#### Выводы

1. IoT-системы и автоматизированный полив повышают эффективность управления теплицами и садами в Туркменистане и Узбекистане.

2. Цифровые технологии экономят воду, повышают урожайность и сокращают трудозатраты.

3. Международный опыт подтверждает эффективность цифровых методов в садоводстве.

4. Перспективно масштабирование таких систем и интеграция данных в национальные цифровые платформы сельского хозяйства.

#### Библиографический список

1. Ахмедов, М. К., & Бабаев, Р. А. (2022). Цифровые технологии в сельском хозяйстве Туркменистана. Вестник аграрных наук, 67(3), 55–63.

2. Кулиев, Н. А., & Джуманов, А. Б. (2023). Использование IoT-систем в управлении теплицами. Международный журнал экологических исследований, 18(2), 114–121.

3. Li, H., & Zhao, T. (2020). Smart Greenhouses: IoT and Automated Irrigation. Hydrological Engineering Journal, 28(4), 110–118.

4. Nurzhanov, K. (2023). Digital Twins and Smart Farming in Central Asia. *Environmental Technologies Review*, 15(2), 88–95.
5. Netafim (2022). Precision Irrigation Solutions. Netafim Technical Reports.

### СЕКЦИЯ 3. МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.8:581

#### ЦИФРОВОЙ ФИТО-АНАЛИТИК: ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ В КЛЕТОЧНОЙ БИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

**Сорокина Мария Георгиевна**, студентка 2 курса института агробιοтехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, mashundel.s@gmail.com

**Крохина Алина Владимировна**, студентка 2 курса агробιοтехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, alina.krokhina1605@gmail.com

**Научный руководитель – Киракосян Рима Нориковна**, к.б.н., доцент, доцент кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, r.kirakosyan@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Статья посвящена цифровой фито-аналитической системе, использующей методы глубокого обучения для анализа изображений клеток, тканей и органов растений. На основе собранной информации сформулирован вывод о преимуществах и недостатках методов машинного обучения в клеточной биологии растений.*

***Ключевые слова:** машинное обучение, глубокое обучение, клеточная биология, анализ биоизображений.*

**Введение.** Цифровой фито-аналитик — система, позволяющая использовать методы машинного обучения (machine learning) и, в частности, глубокого обучения (deep learning) для анализа биоизображений без участия человека. Для обучения система использует различные примеры, такие как изображения клеток, тканей или органелл. На основе этих данных, затем автоматически производится анализ новых изображений, определяя тип клеток, стадии их деления, морфологические изменения или реакции на внешние факторы.

Методы машинного обучения существенно превосходят традиционные алгоритмы обработки изображений при решении сложных задач многомерного анализа данных, например, при распознавании морфологических структур, которые невозможно точно описать ограниченным набором параметров. [3]

Применение методов глубокого обучения в клеточной биологии. Машинное обучение обычно проходит два основных этапа:

Этап обучения (training phase) — на этом этапе используется набор обучающих данных, на основе которых система выявляет внутренние структуры и закономерности.

Этап предсказания (prediction phase) — обученная система применяется к новым данным для прогнозирования определённых свойств объектов. [3]

В традиционных методах обработки изображений исследователь должен сам определять, какие параметры, например, яркость, контраст, форма или текстура, важны для распознавания объекта. Однако клеточные биологические структуры отличаются большой морфологической вариативностью, и подобрать универсальные признаки для их описания крайне сложно.

Глубокие нейронные сети устраняют эту проблему, обучаясь выделять информативные признаки напрямую из изображений. На ранних слоях сеть распознаёт простые элементы (границы, линии, контрасты), на промежуточных — более сложные структуры (текстуры, контуры клеток), а на глубоких слоях — целостные формы и взаиморасположения клеток. Таким образом формируется многоуровневое, «глубокое» представление данных, обеспечивающее высокую точность анализа. [1]

Такая многоуровневая обработка обеспечивает «глубокое» понимание данных и делает методы глубокого обучения особенно эффективными для сегментации, классификации и подсчёта клеток на биоизображениях. [1].

*Применение методов глубокого обучения для анализа целых клеток и клеточных популяций.* Глубокое обучение активно используется для классификации гистологических изображений [2]. Таким образом, нейронные сети способны различать здоровые и пораженные патогенными процессами клетки листа или корня по микроскопическим снимкам.

Кроме того, было доказано, что сверточные нейронные сети могут использоваться для определения субклеточной локализации белков у дрожжей. [2]. Аналогичный метод может быть адаптирован для растительных клеток, где использование флуоресцентных меток позволяет изучать пространственное распределение белков и других клеточных компонентов.

Глубокое обучение показывает более высокую эффективность по сравнению с методами, основанными на ручном извлечении признаков. Итак, методы глубокого обучения открывают новые возможности для анализа клеточных структур и функций у растений.

*Применение методов глубокого обучения для фенотипирования клеток растений.* Глубокое обучение применяется при скрининге с помощью изображений с целью классификации морфологии клеток, отслеживаемых и использованием флуоресцентных маркеров [3]. Для того, чтобы определить, приводит ли внешнее экспериментальное воздействие к каким-либо изменениям фенотипа клетки, проводится скрининг на основе заранее введенных в систему примеров данных, полученных при отрицательном контроле, а также ожидаемых фенотипических результатах. Таким образом, система определяет фенотипы предоставленных для анализа клеток

автоматически, ускоряя рабочий процесс и повышая точность результатов по сравнению с традиционными методами.

Методы глубокого обучения позволяют быстро и эффективно оценить степень влияния внешних факторов, таких как, например, засуха или изменение состава питательной среды на клеточный уровень организации растений.

Перспективы и направления развития глубокого обучения в клеточной биологии. Несмотря на стремительный темп развития глубокого обучения, некоторые аспекты направления нуждаются в оптимизации и дальнейшей проработке, что создает новые перспективы развития.

Одной из проблем, с которыми сталкивается машинное обучение, является то, что в большинстве своем исследования в области клеточной биологии основаны на гипотезах и требует значительных адаптаций методов анализа для различных тестирований. Таким образом, для правильного выполнения работы все еще требуется вмешательство пользователя, что затягивает процесс исследования. Дальнейшая оптимизация программных интерфейсов приведет к повышению автономии машинного обучения и уменьшит количество требуемого взаимодействия человека с программой. [3]

Кроме того, анализ изображений обладает низкой толерантностью к различным ошибкам. К примеру, сегментация очень сильно влияет на то, будет ли успешным отслеживание клеток. Даже сегментация, верная на 90%, может привести к непригодности отслеживания, из-за чего становится необходимой дополнительная ручная проверка вводных данных перед анализом. Машинное обучение нуждается в повышении точности и надежности своих методов, чтобы уменьшить количество необходимого вмешательства исследователей. [1]

Дальнейшее решение вышеупомянутых проблем может повысить независимость системы от человеческого вмешательства, что приведет к повышению удобства и скорости анализа изображений клеточных культур при помощи машинного обучения.

Вывод. Машинное обучение помогает автоматизировать и оптимизировать анализ изображений благодаря своей способности решать сложные и разнообразные задачи на основе предоставленных им данных, а глубокое понимание данных системой обеспечивает эффективность анализа изображений.

Однако необходимо проявлять осторожность, используя метод машинного обучения в качестве аналитического инструмента, так как он имеет и некоторые недочеты, что приводит к потенциальным неточностям, требующим проверки вручную. Исправление данных недочетов является перспективным направлением для развития глубокого обучения в клеточной биологии. [1]

## Библиографический список

1. Andrey Kan: *Machine learning applications in cell image analysis*, IMMUNOLOGY AND CELL BIOLOGY, Apr 4, 2017.
2. Angermueller, Christof; Pärnamaa, Tanel; Parts, Leopold; Stegle, Oliver: *Deep learning for computational biology* Molecular systems biology, 29 Jul 2016, Vol. 12, Issue 7, page 878.
3. Sommer, Christoph; Gerlich, Daniel W.: *Machine learning in cell biology – teaching computers to recognize phenotypes*, Journal of cell science, 15 Dec 2013, Vol. 126, Issue Pt 24, pages 5529 – 5539.

УДК 004.678:004.421:378

## **РАЗРАБОТКА ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СФЕРЕ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ LLM**

**Солопенко Виктория Владимировна**, студентка 4 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, solopenko2005@yandex.ru

**Научный руководитель – Токарев Виктор Сергеевич**, старший преподаватель кафедры статистики и кибернетики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, victokarev@rgau-msha.ru

**Невзоров Александр Сергеевич**, старший преподаватель кафедры статистики и кибернетики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, a.nevzorov@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В работе представлена модель реализации поисковой системы научной информации в сфере агробιοтехнологий с применением LLM. При помощи языка программирования Java с инструментами работы на базе Spring и PostgreSQL был реализован поисковый движок, по ключевым словам, из статей, запускаемый на любом сервере или компьютере.*

***Ключевые слова:** поисковый движок, файл, интерфейс, команды API, база данных, многопоточное приложение, таблица, структура, сайт, индексация, библиотеки, исходные данные.*

В современном образовательном процессе студенты и преподаватели сталкиваются с необходимостью поиска релевантной научной информации в различных источниках: статьях, технических документах, учебных материалах. Несмотря на доступность популярных поисковых систем, таких как Google, Яндекс, они не всегда удовлетворяют специфическим требованиям учебных задач.

Основные минусы работы популярных поисковых систем – избыточность контента (большинство поисковых движков предоставляют широкий спектр результатов, среди которых сложно найти нужные веб-страницы; системы могут включать нерелевантные или рекламные страницы); невозможность работы с локальными данными (возникает необходимость поиска по внутренним учебным базам, локальным сайтам университета или другим узкоспециализированным источникам); отсутствие контроля над процессом поиска (пользователь не может настроить алгоритмы поиска, определить источники данных или влиять на их ранжирование) [2].

Основными преимуществами данной разработки является точность поиска, локальная работа, гибкость настроек и стандартизированные ответы, достигнутые при помощи внедрения большой языковой модели, что позволит

удобно и функционально находить нужную информацию в выбранных источниках – веб-страницах.

Поисковая система на основе фреймворка Spring содержит три слоя реализации:

- **Presentation.** В этом слое находятся контроллеры – части программного приложения, которые отвечают за обработку входящих запросов, управление логикой приложения и передачу данных между различными компонентами. Для реализации программного кода была использована архитектурная модель MVC (Model-View-Controller). Model – отвечает за данные и логику работы с ними. View – отображает данные пользователю. Controller – связывает модель и представление, обрабатывает пользовательские действия.
- **Business.** В этом слое реализуется бизнес-логика приложения. Она содержится в классах-сервисах. Данный слой не зависит от слоя Presentation.
- **Data Access.** Слой отвечает за хранение данных и, в частности, за подключение к БД.

Каждый слой не зависит друг от друга, является самостоятельной частью Spring-приложения, что позволяет распределять задачи, оптимизируя процессы разработки [3].

Под специфические требования агробιοтехнологий (актуальные статьи с верными расчетными данными, отображение таблиц, поиск по ключевым словам в статьях) внедрялась нейронная модель (LLM) для стандартизации ответов, выдаваемых пользователю.

Данное решение упростило работу с входными и выходными данными, автоматизировав процесс генерации структурированных отчетов и минимизировав влияние человеческого фактора.

Особенности реализации кода на Java – многопоточная обработка веб-страниц. Суть заключается в том, что при помощи инструмента ForkJoin под каждый отдельный сайт создается поток, который обрабатывает, то есть индексирует, отдельный источник информации из конфигурации. В результате данное решение позволило значительно сократить общее время индексации и повысить эффективность использования вычислительных ресурсов системы.

Подключение к базам данных производилось с целью обеспечения хранения, управления и быстрого доступа к большим объемам информации, необходимых для работы поисковой системы.

Подключение производилось при помощи добавления в проект приложения файла с настройками (Spring Boot автоматически собирает проект, при этом файлы с настройками и конфигурационные файлы входят в его число).

В конфигурационном файле хранятся различные настройки самой реляционной базы данных, а также ссылки и названия релевантных сайтов для их последующей многопоточной обработки и поиска лемм [5].

При разработке проекта была создана база данных, содержащая 4 таблицы:

Site – информация о сайтах и статусах их индексации, page – проиндексированные страницы сайта, lemma – леммы, встречающиеся в текстах и index – поисковый индекс.

Веб-интерфейс (frontend-составляющая) проекта представляет собой одну веб-страницу с тремя вкладками:

- Dashboard. Эта вкладка открывается по умолчанию. На ней отображается общая статистика по всем сайтам, а также детальная статистика и статус по каждому из сайтов (статистика, получаемая по запросу /api/statistics).
- Management. На этой вкладке находятся инструменты управления поисковым движком – запуск и остановка полной индексации (переиндексации), а также возможность добавить (обновить) отдельную страницу по ссылке.
- Search. Эта страница предназначена для тестирования поискового движка. На ней находится поле поиска, выпадающий список с выбором 1 сайта для поиска, а при нажатии на кнопку «Найти» выводятся результаты поиска (по API-запросу /api/search).

Таким образом, проект представляет собой надёжное и эффективное решение для автоматизации поиска в образовательной среде. Его успешное внедрение в учебный процесс может значительно сократить время поиска информации и повысить качество подготовки студентов и преподавателей.

#### Библиографический список

1. Рыжов, С. С. Применение эффективных алгоритмов оптимизации поисковых движков / С. С. Рыжов // INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH: сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 07 августа 2017 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 108-110. – EDN ZCDDGZ. Раджпут Д. Spring. Все паттерны проектирования = Spring 5 Design
2. Сохина, С. А. Алгоритмы выполнения поисковых запросов в сети интернет. Ранжирование результатов / С. А. Сохина, С. А. Немченко // Программная инженерия: современные тенденции развития и применения (ПИ-2021): Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 15–16 марта 2021 года. – КУРСК: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 135-138. – EDN JMVWLE
3. Уколова, А. В. Разработка информационной системы учета и обработки данных с поддержкой проведения статистического анализа на C++ / А. В. Уколова, Д. В. Быков // Цифровые технологии анализа данных в сельском хозяйстве. – Москва: «Научный консультант», 2022. – С. 61-127. –

EDN FQKUBE. Ortiz, C. Enrique; Giguère, Éric (2001). Mobile Information Device Profile for

4. Google Академия // Google URL: <https://scholar.google.com.ru/> (дата обращения: 11.11.24).

5. Elasticsearch vs Sphinx // Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/590181/> (дата обращения: 15.11.24).

УДК 631.363

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ГЕНОМНОЙ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ

**Юрченко Арина Дмитриевна**, студентка 3 курса института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, [yurch0.2@mail.ru](mailto:yurch0.2@mail.ru)

**Научный руководитель – Моисеенко Константин Валерьевич**, к.б.н., доцент, доцент кафедры биологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, [mr.moiseenko@rgau-msha.ru](mailto:mr.moiseenko@rgau-msha.ru)

***Аннотация.** Рассмотрены ключевые аспекты применения методов машинного обучения в геномной селекции растений. Было установлено, что эти методы позволяют значительно сократить время и затраты на выведение новых сортов, обеспечивая более точный отбор за счет использования современных алгоритмов. Особое внимание уделяется этическим вызовам и проблеме доступности технологий, а также предлагаются пути их решения для обеспечения устойчивого развития агробиотехнологий.*

***Ключевые слова:** машинное обучение, геномная селекция, селекция растений, урожайность, генетика, глубокое обучение.*

Одной из актуальных проблем в настоящее время является изменение климата. Это требует повышения эффективности сельского хозяйства, в том числе и сокращение времени и стоимости выведения новых сортов растений. В последние годы машинное обучение в области генетики и селекции становится одним из ключевых инструментов для исследований. В данной работе будет рассмотрено применение машинного обучения для анализа геномных данных с целью прогнозирования фенотипических признаков.

Классическая селекция полагается на массовый отбор, при котором критерием служит только фенотип. Из этого вытекает проблема – трудность в разграничении влияния генотипа и среды. С развитием технологий появилась возможность интегрировать фенотипические вариации с результатами генотипирования.

Одним из новых развивающихся подходов можно выделить геномную селекцию (GS, genomic selection), преимуществом которой является использование прогностических моделей для оценки селекционной ценности [1]. В отличие от классической селекции, требующей многолетнего полевого испытания признаков, GS позволяет осуществлять отбор на ранних стадиях онтогенеза на основе анализа ДНК, что кардинально сокращает временные и финансовые затраты на создание новых сортов. Основным принцип данного метода – построение прогностических математических моделей с помощью

вычислительной статистики, где геномная оценка селекционной ценности предсказывается с использованием матрицы геномного родства, вычисленной на основе ДНК-маркеров, например, однонуклеотидных полиморфизмов (SNP).

Современные инструменты для генотипирования и фенотипирования значительно увеличили объем данных в селекции, что требует применения аналитических методов из других дисциплин для работы с большими и сложными наборами данных. BLUP (best linear unbiased prediction – лучший линейный несмещенный прогноз) и группа байесовских методов – это наиболее часто используемые группы методов в геномной селекции. Однако в настоящее время методы машинного и глубокого обучения демонстрируются как хорошая альтернатива этим методам с точки зрения точности, времени вычислений и стоимости.

Наиболее часто используемые алгоритмы машинного обучения в селекции — это случайные леса (Random Forests, RF) и градиентный бустинг (Gradient Boosting, GB). Случайный лес — это ансамблевый метод прогнозирования, основанный на множестве деревьев решений. Он объединяет результаты нескольких деревьев для получения итогового прогноза, минимизируя влияние индивидуальных ошибок и повышая общую точность и надежность модели. Градиентный бустинг, в отличие от RF, строит модели, каждая из которых корректирует ошибки предыдущей, начиная с первичного предсказания, что позволяет минимизировать ошибки и повысить качество прогнозов.

Глубокое обучение представляет собой подраздел машинного обучения, основанный на использовании многослойных нейронных сетей для автоматического обучения иерархическим представлениям данных. В селекции растений часто используются такие модели глубокого обучения, как многослойный перцептрон (MLP) и свёрточная нейронная сеть (CNN).

Исследования показывают, что методы машинного и глубокого обучения зачастую превосходят традиционные байесовские методы по точности и устойчивости, учитывая различные факторы, такие как эффективность, устойчивость к отбору признаков, размер и качество наборов данных, а также пере- или недообучение [2]. Сообщается, что для изучения сложных признаков, таких как урожайность и содержания белка в зерне методы машинного и глубокого обучения подходят лучше, так как они исследуют все возможные взаимосвязи между маркерами и признаками. Алгоритмы, такие как случайный лес и многослойный перцептрон, обеспечивают высокую точность прогнозов и эффективно отображают сложные взаимодействия в данных [3].

Однако модели машинного и глубокого обучения имеют ограниченную применимость для анализа генетических процессов, так как они работают с разными частями данных, что приводит к неточным результатам. Для повышения их эффективности необходимы полногеномные исследования ассоциаций [3].

К тому же существует проблема ограничения доступности технологий из-за высокой стоимости генотипирования, вычислительных ресурсов для обучения моделей, трудоемкой настройки параметров и дефицитом квалифицированных кадров на стыке биоинформатики и машинного обучения. Это создаёт риски концентрации передовых разработок в крупных агрохолдингах и научных центрах развитых стран, ограничивая возможности малых и средних хозяйств. Для преодоления этих препятствий необходимо развивать платформы с открытым программным обеспечением, создавать общедоступные базы геномных данных и разрабатывать образовательные программы, направленные на популяризацию технологий геномной селекции среди широкой аудитории.

#### Библиографический список

1. Потапова Н.А., Злобин А.С., Леонова И.Н., Салина Е.А., Цепилов Я.А. Использование метода BLUP для оценки селекционной ценности образцов мягкой яровой пшеницы по содержанию микро- и макроэлементов в зерне. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024;28(4):456-462. DOI 10.18699/vjgb-24-51
2. Sandhu K., Patil S.S., Pumphrey M., Carter A. Multitrait machine- and deep-learning models for genomic selection using spectral information in a wheat breeding program. *Plant Genome*. 2021b;14(3): e20119. DOI 10.1002/tpg2.20119
3. Sirsat M.S., Oblessuc P.R., Ramiro R.S. Genomic prediction of wheat grain yield using machine learning. *Agriculture*. 2022;12(9):1406. DOI 10.3390/agriculture12091406

## СЕКЦИЯ 4. СПЕЦИАЛИСТ ПО ЦИФРОВЫМ СЕРВИСАМ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 338.43: 658.5: 004

### АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

**Гребёнкин Александр Михайлович**, магистрант 1 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, ag18032003@mail.ru

**Кудинов Иван Алексеевич**, аспирант кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 9988212@gmail.com

**Малеев Кирилл Александрович**, магистрант 1 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 090503090503@mail.ru

**Научные руководители – Степанцевич Марина Николаевна** к.э.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, stepancevich@rgau-msha.ru; **Худякова Елена Викторовна** д.э.н., профессор, профессор кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, evhudyakova@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В данной статье проведён глубокий анализ современных технологий и решений для эффективного функционирования агропромышленного сектора. В исследовании рассматриваются различные направления цифровизации, которые помогают повысить качество управления сельским хозяйством, переработкой и распределением сельскохозяйственной продукции. Особое внимание уделяется интеграции данных, автоматизации процессов и использованию аналитических инструментов, которые позволяют принимать обоснованные управленческие решения. В статье также обсуждаются перспективы внедрения цифровых технологий в агропромышленном комплексе, рассматриваются вопросы кибербезопасности, а также их влияние на устойчивое развитие агросектора. В заключение подчёркивается важность применения цифровых решений для модернизации агропромышленного комплекса, что особенно актуально в условиях современного рынка.*

***Ключевые слова:** Агропромышленный комплекс, информационные системы, инструменты, доступность технологий, инструментальные средства.*

Агропромышленный комплекс (АПК) – это ключевая сфера экономики, которая занимается производством и переработкой сельскохозяйственной

продукции. В современном мире, где мы сталкиваемся с такими глобальными проблемами, как изменение климата, рост населения и необходимость обеспечения продовольственной безопасности, эффективное управление ресурсами становится всё более важным. Цифровые технологии играют ключевую роль в достижении этой цели, помогая интегрировать и оптимизировать процессы в АПК [1]. Они позволяют эффективно использовать ресурсы, а также повышают эффективность и конкурентоспособность отрасли.

В современном сельском хозяйстве активно используются цифровые технологии, которые позволяют собирать, обрабатывать и анализировать данные, а также автоматизировать производственные и управленческие процессы. Одним из ключевых направлений в этой области являются системы управления ресурсами. Они помогают совершенствовать использование земельных, водных и энергетических ресурсов, что, в свою очередь, способствует повышению производительности и снижению затрат.

Среди множества полезных инструментов следует выделить геоинформационные системы (ГИС), которые предоставляют возможность отображать данные на карте и анализировать пространственные аспекты сельскохозяйственной деятельности. Благодаря ГИС специалисты в области сельского хозяйства могут отслеживать изменения в структуре почвы, обнаруживать участки, подверженные эрозии, эффективно планировать системы орошения и даже контролировать состояние урожая в режиме реального времени. Это позволяет принимать более обоснованные решения и повышать устойчивость к неблагоприятным внешним воздействиям [5].

В последнее время в агропромышленном комплексе активно внедряются технологии интернета вещей (IoT). Специальные датчики, установленные на полях, собирают информацию о влажности почвы, уровне освещённости и температуре. Эти данные отправляются в облачные хранилища, где их анализируют специальные программы. Благодаря этому фермеры могут в режиме реального времени отслеживать состояние посевов и оперативно реагировать на любые изменения. Например, система может сигнализировать о необходимости полива или обработки растений. Это помогает снизить потери и повысить урожайность.

Ещё один важный аспект цифровизации АПК – использование больших данных (big data) и аналитики. Сбор и анализ огромного объёма информации о климатических условиях, потреблении ресурсов, урожайности и рыночных тенденциях позволяет делать более точные прогнозы и совершенствовать бизнес-процессы. Это открывает новые возможности для индивидуального подхода, когда решения принимаются на основе уникальных данных конкретного сельскохозяйственного предприятия. Такой подход, безусловно, способствует повышению эффективности работы в целом. Инструменты для анализа и моделирования, встроенные в информационные системы, значительно облегчают работу агрономов и менеджеров, позволяя им принимать более обоснованные решения [4]. Одним из таких инструментов

являются прогнозные модели, которые на основе текущих данных и исторических показателей позволяют заранее оценить потенциальный урожай. Это, в свою очередь, снижает финансовые риски и способствует более эффективному планированию сбора и реализации урожая.

В рамках интеграции цифровых решений в агропромышленный комплекс активно внедряются системы для автоматизации процессов. Эти решения охватывают различные аспекты, включая управление производственными потоками, логистику и финансовые операции. Внедрение специализированных программных решений не только повышает прозрачность и управляемость процессов, но и снижает количество ошибок и задержек, а также улучшает коммуникацию между всеми участниками в АПК [2].

Таким образом, использование современных цифровых технологий – это важный шаг на пути к обеспечению продовольственной безопасности и укреплению конкурентоспособности АПК. Инвестиции в цифровизацию АПК не только позволяют более эффективно управлять ресурсами, но и открывают новые возможности для создания инновационных продуктов и услуг, отвечающих современным требованиям.

В условиях быстро меняющегося мира эффективность АПК будет зависеть от способности её участников эффективно использовать потенциал информационных технологий для повышения производительности, устойчивости и качества продукции [3]. Это требует не только тщательного выбора инструментов, но и постоянного обучения и адаптации к новым вызовам. Только так можно обеспечить успешное развитие АПК в будущем.

#### Библиографический список

1. Ю. К. Бронская, А. С. Васильева, И. У. Гусманов [и др.]. Концептуальные основы развития национальной инновационной системы России: структурно-технологическая модернизация отечественной экономики, социально-экономические и технологические факторы развития: монография – Самара: НИЦ ПНК, 2025. – 268 с. – ISBN 978-5-605-37342-1.

2. Степанцевич, М. Н. Актуальность совершенствования системы поддержки принятия решений при подготовке аграрных специалистов / М. Н. Степанцевич, И. А. Кудинов // Аграрная наука - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1753-1755. – EDN VSIXMF.

3. Степанцевич, М. Н. Этапы цифровизации системы подготовки аграрных специалистов / М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев, И. А. Кудинов // Аграрная наука - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1750-1752. – EDN QXDUIN.

4. Худякова, Е. В. Кадровой потенциал АПК в условиях цифровой трансформации / Е. В. Худякова, М. И. Горбачев, М. Н. Кушнарера // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 февраля 2020 года / Под общей редакцией Д.В. Чистова. Том Часть 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "1С-Публишинг", 2020. – С. 486-488. – EDN ZCLDJF.

5. Худякова, Е. В. Цифровая трансформация сельского хозяйства и компетентностная модель выпускника аграрного вуза / Е. В. Худякова, А. В. Шитикова, М. Н. Степанцевич // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 60. – С. 91-95. – EDN MDOIYB.

УДК 632.08

## WEEDCONTOL: ОБНАРУЖЕНИЕ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**Ильинова Анастасия Геннадьевна**, студентка 4 курса института Агробиотехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, i.n4sty4@yandex.ru

**Научный руководитель – Пчелинцева Светлана Вячеславовна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, pchelintseva@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Разработан прототип приложения, позволяющего эффективно и оперативно проводить мониторинг полей на наличие сорных растений на основе данных, полученных посредством фотографирования линейки агронома или семян после отбора почвенных проб. Разработанное приложение позволяет осуществлять анализ и классификацию выявленных сорных растений*

***Ключевые слова:** мониторинг полей, компьютерное зрение, сорные растения, семена, классификация сорных растений, фитосанитарный прогноз, риски сельского хозяйства, рекомендации по борьбе с сорнякам*

Цифровая трансформация сельского хозяйства в целом и агробиотехнологий в частности, становится ключевым фактором развития агропромышленного комплекса в условиях современных вызовов. Внедрение цифровых технологий открывает новые возможности для повышения эффективности производства и конкурентоспособности отрасли. Цифровизация охватывает весь цикл агробизнеса — от планирования посевов и мониторинга полей до сбора урожая. Вместе тем, не смотря на активное внедрение цифровых технологий в отдельных отраслях АПК и крупных агрохолдингах, использование современных технологий пока не приобрело массовый характер [1-3].

При этом сельское хозяйство, как нигде требуется решение широкого спектра задач. Малые фермерские хозяйства зачастую не столь технологически оснащены, что создает дополнительные препятствия для их развития. В своей работе агрономы и фермеры сталкиваются с самыми разными проблемами — от состояния почв до логистики. Одним из серьезных факторов снижения урожайности в сельском хозяйстве продолжает оставаться проблема сорной растительности [4, 5].

Контроль сорной растительности сохраняет свою остроту и актуальность в современном сельском хозяйстве. Сорняки создают неблагоприятную среду для развития культур, активно конкурируя с

культурными растениями за доступ к ресурсам: территорию, влагу, питательные вещества.

Традиционные средства борьбы с сорной растительностью основаны на многолетнем опыте и включают комплекс агротехнических, механических и химических мер, направленных на подавление и уничтожение сорной растительности. Одним часто используемых, способов борьбы является использование гербицидов - химических препаратов для уничтожения нежелательной растительности. На этом этапе важным моментом является верный подбор химической защиты и использовать пестициды из официального каталога разрешённых препаратов [5]. Вместе с тем, ключевую роль в контроле сорной растительности играет мониторинг. Чаще всего в небольших хозяйствах или на опытных полях специалисты проводят мониторинг используя линейку агронома, что зачастую недостаточно эффективно, при этом трудоемко и занимает достаточно много времени.

Современные цифровые сервисы в растениеводстве позволяют ускорить процессы мониторинга, и повысить эффективность и производительность в целом. В работе предложена система обнаружения сорной растительности WeedControl, разработанная в виде программного приложения, работающего с на мобильных устройств.

Метод обнаружения нежелательной растительности реализован с использованием методов компьютерного зрения и искусственного интеллекта [1]. Система позволит специалисту эффективно и оперативно проводить мониторинг на сельскохозяйственных полях, выполняя фотосъемку линейки агронома или семян после отбора почвенных проб. Система с помощью алгоритмов компьютерного зрения позволяет в автоматическом режиме осуществлять распознавание сорных растений и их семян. Кроме того разработанное приложение позволяет проводить комплексный анализ, классификация сорных растений в зависимости от региона [4, 5], строить прогноз и оценивать риски, а также разрабатываются эффективные рекомендации по борьбе сорняками.

Особое внимание уделено целевой аудитории, которую составляют небольшие хозяйства, не располагающие возможностями мониторинга с использованием дронов.

Предварительный анализ пользователей и опрос агрономов, сельскохозяйственных работников и студентов старших курсов аграрных вузов показал высокая потребность в точности распознавания видов растений и необходимость в подобной рода системах идентификации, позволяющей значительно облегчить их достаточно монотонную работу.

В основе приложения лежит удобный и интуитивно понятный интерфейс, который позволяет достаточно быстро специалистам разобраться в правильном использовании (рис. 1).

Алгоритм распознавания работает на основе наборов данных с изображениями сорных растений и семян, на которых осуществляется обучение нейронной сети. После обучения система на базе ИИ готова к

распознаванию сорных растений, а также оценки степени засоренности контролируемой площади посева. Для качественного и достоверного распознавания компьютерным зрением данные будут размечены специалистами, взаимодействующими с аграрной сферой.

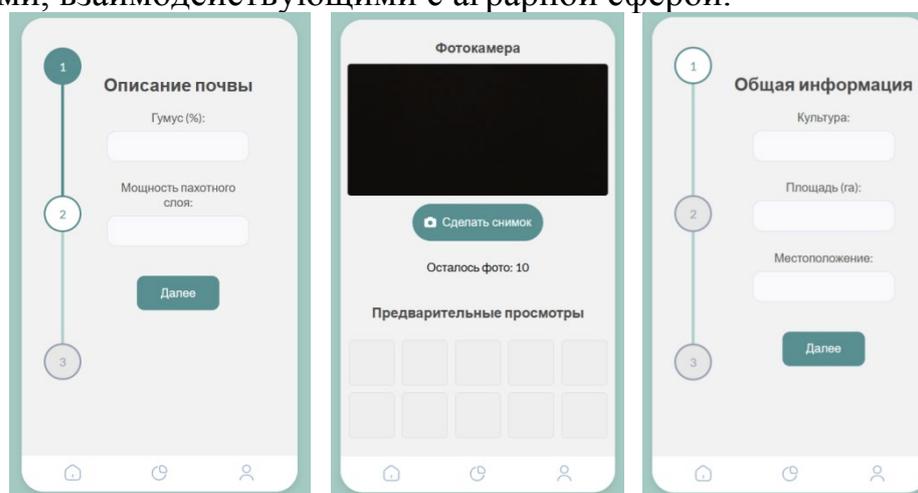


Рисунок 1 – Экранные формы приложения

Прогноз, риски и рекомендации рассчитываются с использованием вычислительных алгоритмов по результатам идентификации сорных растений, полученных с помощью компьютерного зрения.

Данный программный продукт представляет собой инновационное средство для автоматизации мониторинга в небольших хозяйствах, сокращая человеческий фактор и повышая качество выполняемой работы.

Данная система в совокупности позволяет увеличить эффективность производства. Мониторинг наличия сорной растительности и своевременную борьбу с ними позволит сберечь от 10% до 50% и более потенциального урожая [4, 5]. Таким образом разработанное приложение с системой компьютерного зрения позволит автоматизировать процесс мониторинга посевов, обеспечивает специалистов необходимой информацией для принятия решений, увеличив производительность труда и повысив урожайность.

Автоматизированный мониторинг сорных растений представляет собой качественный скачок в защите растений. Он позволяет перейти от реактивного к проактивному управлению и решает задачу раннего и точного обнаружения и выявления очагов на ранних стадиях, когда сорняки еще не видны невооруженным глазом и не начали конкурировать с культурой за ресурсы. Позволяет провести идентификация видового состава с определением определяет конкретные виды с помощью компьютерного зрения. что способствует повышению урожайности, снижению издержек и устойчивому развитию сельскохозяйственного производства.

#### Библиографический список

1. Анализ методов компьютерного зрения, перспективных для применения в агропромышленном комплексе // CyberLeninka: Электронный научный журнал. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-metodov->

kompyuternogo-zreniya-perspektivnyh-dlya-primeneniya-v-agropromyshlennom-komplekse (дата обращения: 17.10.2025).

2. Информационные технологии в сельском хозяйстве // CyberLeninka: Электронный научный журнал. — 2025. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-selskom-hozyaystve-2> (дата обращения: 17.10.2025).

3. Красовская, Л. В. Цифровая трансформация как фактор развития агропромышленного комплекса / Л. В. Красовская, М. В. Ковшова, С. В. Пчелинцева // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. – 2024. – № 2. – С. 145-154. – EDN LRRFJV.

4. Лунева Н. Н. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук: теоретическое обоснование и практическая реализация фитосанитарного районирования сорных растений / Н. Н. Лунева. — Санкт-Петербург, 2022. — 42 с.

5. Шкаликов В. А., Белошапкина О. О., Букреев Д. Д. и др. Защита растений от болезней: Учебник. 2-е изд. / Под ред. проф. В. А. Шкаликова. — М.: КолосС, 2003. — 255 с.

УДК 631.349

## РОБОТЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ

**Гречина Виктория Борисовна**, студентка 4 курса института агробιοтехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, grechina.2004@mail.ru

**Научный руководитель – Красовская Людмила Владимировна** к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, kraslud@yandex.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается применение малогабаритных роботов на базе искусственного интеллекта для мониторинга состояния растений в полевых условиях. Описаны основные особенности работы дронов, начиная от сбора данных в поле и последующего их анализа до предоставления рекомендаций агрономам.*

***Ключевые слова:** сельское хозяйство, роботы, мониторинг, повышение урожайности, ресурсосбережение, устойчивое развитие.*

В современном сельскохозяйственном производстве существует множество проблем, которые на прямую влияют на урожай полевых культур. К примеру, недостаточный мониторинг состояния растений на наличие болезней или повреждений от вредителей. Применение методов точного земледелия, таких как дроны, датчики, использование анализа данных для составления карт и оценки урожайности, помогают увеличить продуктивность производства, но остаются недостаточно приспособленными для многих культур [2, 4, 5].

Рассмотрим использование воздушных дронов для мониторинга состояния полей [1, 2]. Дроны оснащены несколькими важными компонентами. Во-первых, камера высокого разрешения и инфракрасная камера (NDVI), в совокупности обеспечивающие четкое изображение поля и позволяющие оценить интенсивность фотосинтеза у растений. Во-вторых, GPS-модуль при помощи которого возможно точное позиционирование дрона в пространстве и построения карты местности с результатами. В-третьих, аккумулятор, гарантирующий некоторое время полета и охват небольшой территории.

Из этого следует несколько недостатков [1]. Одним из основных является ограниченное время полета, обусловленное емкостью аккумуляторных батарей. Современные модели дронов могут находиться в воздухе около 20-30 минут, что существенно сокращает площадь для мониторинга. Особенно актуально это становится для крупных хозяйств с большой территорией.

Дроны плохо переносят неблагоприятные погодные условия, такие как сильный ветер, дождь или туман. Например, попадание влаги внутрь конструкции может привести к повреждению электроники, порывистый ветер

затрудняет контроль над траекторией полета, а туман ухудшает качество снимков. Такие ограничения делают невозможным регулярный мониторинг в некоторых регионах с нестабильной погодой.

Эксплуатация дронов требует наличия высококвалифицированных операторов, обладающих определенными навыками и знаниями. Без профессиональной подготовки возрастает вероятность потери или неправильной интерпретации полученных данных.

При неправильной эксплуатации, в результате которой произошло столкновение с чем-либо, возможно возникновение механических повреждений корпуса или отдельных узлов, так как дроны являются достаточно хрупкой техникой. Дальнейший ремонт и обслуживание становятся достаточно дорогими.

Воздушные дроны не дают точную картину о состоянии высокорослых растений, таких как подсолнечник или кукуруза. Из-за загущенной вегетативной массы, возможен анализ только верхней части растений и не представляется возможным исследование средней и нижней.

В связи с этим, была разработана идея создания наземных малогабаритных дронов.

Полевые наземные роботы представляют собой полностью автоматическую беспилотную систему.

Научно-техническая сущность беспилотных роботов для мониторинга растений в полях заключается в автоматизации процессов сбора, анализа и интерпретации данных о состоянии посевов, обеспечивающих эффективное управление агропроизводством. Такая система включает роботизированные устройства, оснащенные датчиками, камерами высокого разрешения, навигационными системами GPS/GNSS и специализированным программным обеспечением для обработки собранной информации.

Рассмотрим детально каждый компонент:

1. Увесистый водонепроницаемый корпус.
2. Гусеницы или большие колеса.
3. Лазерные сканеры LIDAR.
4. Интегрированные модули GPS/GNSS и алгоритмы SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).
5. Зарядные станции вблизи полей и аккумуляторы.
6. Камеры высокого разрешения.
7. Технология IoT.
8. Программа на базе искусственного интеллекта.
9. Специализированное программное обеспечение.

Каждый компонент необходим для корректной автоматической работы дронов. Увесистый водонепроницаемый корпус позволяет роботам выполнять поставленные задачи во время дождя и сильного ветра. Гусеницы или большие колеса в совокупности с LIDAR и автопилотом обеспечивают беспрепятственное перемещение роботов по различным типам почвы в любую

погоду. Интегрированные модули GPS/GNSS и алгоритмы SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) определяют точное позиционирование дронов и позволяют отмечать участки на карте, где необходимо проведение обработки. Зарядные станции и энергоемкие аккумуляторы вблизи полей обеспечивают экономию времени на перемещение робота до поля и обратно. IoT объединяет всех роботов для синхронизированного мониторинга. Камеры высокого разрешения с искусственным интеллектом позволяют получить качественные снимки каждой части растений и определить заболевание. Специализированное программное обеспечение с технологией BIGDATA проводит анализ всех полученных снимков и предоставляет рекомендации по точному внесению пестицидов и дальнейшим действиям.

Принцип работы заключается в автономном перемещении роботов по заданным участкам без оператора. Собранные фотографии и данные отправляются в облачное хранилище, где в последующем анализируются и результаты предоставляются в удобном формате с визуализацией на карте.

Данная система в совокупности позволяет увеличить эффективность производства. Своевременная профилактика заболеваний увеличивает урожайность культур в несколько раз. Эффективное управление заболеваниями может повысить урожайность зерновых культур на 10-30%, овощных культур на 20-50% и плодовых деревьев на 15-40% [4, 5]. Точное внесение пестицидов уменьшает воздействие на окружающую среду и снижает трудозатраты, что позволяет сэкономить финансовые ресурсы при производстве.

В итоге автоматизация процессов сбора данных, основанная на применении камер и систем навигации, обеспечивает аграриев необходимой информацией для принятия обоснованных решений.

Развитие технологии наземных роботов для мониторинга состояния растений открывает новые перспективы для точного земледелия, как для непосредственного использования в отрасли, так и при подготовке специалистов в АПК. Данная технология позволит аграриям точно оценивать состояние посевов, выявляя потенциальные угрозы здоровью растений на ранних стадиях, что способствует повышению урожайности, снижению издержек и устойчивому развитию сельскохозяйственного производства.

#### Библиографический список

1. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве при опрыскивании полей / М. С. Никаноров, А. Н. Лосев, Л. В. Красовская, С. В. Пчелинцева // Регионы России в меняющемся мире: преюмственность приоритетов и новые возможности: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 24 ноября 2023 года. – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2023. – С. 35-40. – EDN VKPOXE.

2. Красовская, Л. В. Цифровая трансформация как фактор развития агропромышленного комплекса / Л. В. Красовская, М. В. Ковшова, С. В.

Пчелинцева // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. – 2024. – № 2. – С. 145-154. – EDN LRRFJV.

3. Пчелинцева, С. В. Использование сверточных нейронных сетей в деятельности сельхозпредприятий / Л. В. Красовская, С. В. Пчелинцева, М. В. Ковшова // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 7(325). – С. 7-11. – DOI 10.33267/2072-9642-2024-7-7-9. – EDN POWODH.

4. Цифровая трансформация растениеводства в АПК / Л.В. Красовская, Р.В. Самолетов, М.Н. Степанцевич [и др.]. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – 151 с.–ISBN 978-5-9675-2084-6.

5. Цифровизация и трансформация современной экономики и бизнеса / Л. В. Красовская, С. В. Пчелинцева, М. С. Никаноров, А. Н. Лосев // Актуальные вопросы права, экономики и управления: Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Ульяновск, 26 апреля 2024 года. – Чебоксары: ООО "Издательский дом "Среда", 2024. – С. 123-127. – EDN KINIQD.

## СЕКЦИЯ 5. МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА PYTHON В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ

УДК 637.112

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КОРМЛЕНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**Феоктистова Людмила Александровна**, аспирант кафедры кормления животных, РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [lucybr@yandex.ru](mailto:lucybr@yandex.ru)

**Захарчук Евгения Евгеньевна**, студентка 3 курса института зоотехнии и биологии, РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [evgeniya-zakharchuk@mail.ru](mailto:evgeniya-zakharchuk@mail.ru)

**Научный руководитель – Буряков Николай Петрович**, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой кормления животных ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени Тимирязева, [n.buryakov@rgau-msha.ru](mailto:n.buryakov@rgau-msha.ru)

***Аннотация.** Актуальной задачей современного животноводства является внедрение цифровых систем для оптимизации управления кормлением. В статье представлены результаты применения системы мониторинга на основе компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Данная технология позволяет в режиме реального времени анализировать объем и потребление кормосмеси на кормовом столе с минимальной погрешностью.*

*Практическое использование системы выявило значительные резервы для повышения экономической эффективности. Оптимизация уровня кормовых остатков до нормативных 5-7% позволяет достичь экономии до 118 тыс. руб. в месяц для группы из 140 голов. Также был зафиксирован ряд операционных нарушений, таких как несоблюдение графика раздачи корма и его некачественное пододвигание, которые напрямую влияют на продуктивность стада.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, мониторинг кормления, крупный рогатый скот, автоматизация, анализ данных.*

Современные тенденции развития агропромышленного комплекса диктуют необходимость применения комплексных зоотехнических и технологических решений в области животноводства. Процессы интенсификации производственных циклов объективно сопровождаются возрастанием физиологической нагрузки на продуктивных животных и эксплуатационной напряженности труда линейного рабочего персонала [2]. Формирование оптимальных параметров содержания высокопродуктивного молочного скота требует системного совершенствования существующих

моделей управления, включая последовательную модернизацию процессов кормления и мониторинга физиологического статуса.

В контексте устойчивого кадрового дефицита в агропромышленном секторе стратегической задачей представляется внедрение интегрированных цифровых платформ, обеспечивающих автоматизацию сбора и аналитической обработки производственных показателей [3]. Интеграция систем многоуровневого мониторинга способствует эффективной оптимизации рутинных технологических операций и существенному повышению точности управления процессами кормления [1].

В рамках настоящего исследования проведен производственный анализ данных на предприятии, внедрившем систему управления кормовым столом, функционирующую на основе алгоритмов искусственного интеллекта. Принцип работы системы основан на обработке видеопотока с последующим построением точечного облака и 3D-модели кормосмеси с вычислением массы корма на кормовом столе в режиме реального времени. Для верификации точности измерений выполнена калибровка системы на основе эталонных данных, полученных с тензOMETрических датчиков. Установленное расхождение между показателями составило 2-3 кг, или 0,05% от общей массы корма, что соответствует допустимой погрешности измерений.

Анализ экономических показателей выявил, что стоимость высокопродуктивного рациона составляет 404,61 руб./гол. при норме раздачи кормосмеси 48,44 кг/гол. Согласно данным мониторинга, фактическое потребление сухого вещества с 12 августа достигло 24,4 кг/гол., тогда как расчетное значение по рациону составляло 29,4 кг/гол. Обнаруженная разница может быть обусловлена несвоевременным внесением данных о поголовье либо изменением фактического содержания сухого вещества в рационе. О недокорме животных свидетельствует показатель остатков корма, достигший 11,96% при норме 5-7%.

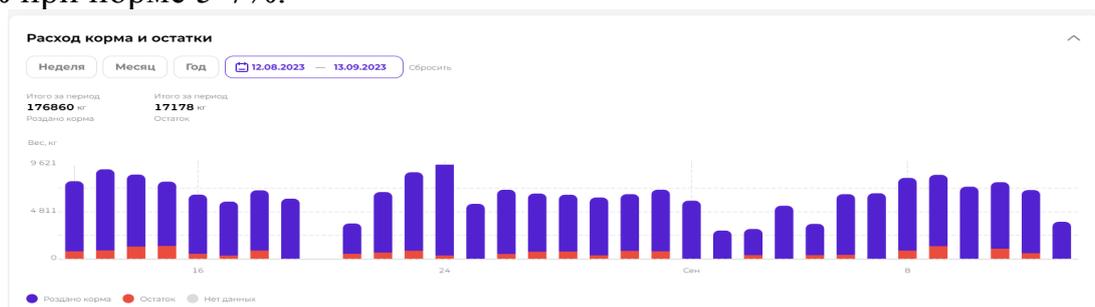


Рисунок 1 – Расход корма и остатки за период 12.08.23 по 13.09.23.

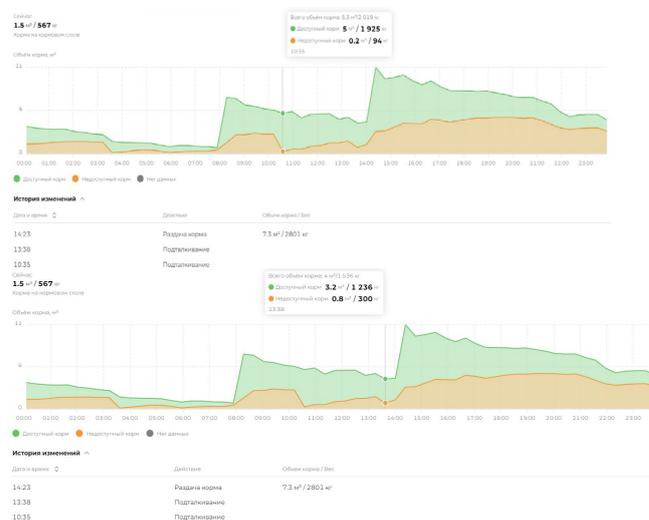
Моделирование процесса кормления показывает, что поддержание уровня остатков на уровне 7% позволит достичь экономии 4,96% от объема рациона, или 20,03 руб./гол. в сутки. В месячном выражении экономический эффект составит 601,15 руб./гол., а для группы в 140 голов - 84 161 руб. Дальнейшая оптимизация процесса кормления с поддержанием остатков на уровне 5% повысит экономию до 118 097,28 руб. в месяц на группе.



**Рисунок 2 – Обнаруженные отклонения от плана кормления**

Помимо мониторинга потребления сухого вещества, аналитическая система регистрирует операционные нарушения и отклонения в процессе кормления. В течение исследуемого периода были идентифицированы различные нарушения регламента (рис. 2).

В ходе анализа дополнительно установлены случаи нарушения регламента пододвигания кормов, включая несоответствие качества выполнения операции (при сохранении в зоне доступности животных свыше 0,5 м<sup>3</sup> кормовой массы, рис. 3) и несоблюдение установленной периодичности процесса. Качество пододвигая корма оказывает влияние на продуктивность, поскольку нарушение оптимальной доступности корма приводит к снижению потребления сухого вещества и, как следствие, потерям надоев. Согласно исследованиям К. Малков-Негре, строгое соблюдение регламентированного графика пододвигания кормов позволяет увеличить объем получаемого молока более чем на 0,5 л на голову.



**Рисунок 3 – Качественное и некачественное пододвигание кормосмеси**

**Выводы.** Проведенное исследование показывает высокую практическую значимость внедрения системы мониторинга на основе компьютерного зрения в условиях современных животноводческих предприятий. Разработанная система позволяет осуществлять точный контроль потребления сухого вещества крупным рогатым скотом, обеспечивая непрерывный сбор и анализ ключевых зоотехнических параметров.

## Библиографический список

1. Грекалова, А. Р. Искусственный интеллект в ветеринарии / А. Р. Грекалова, Е. В. Берднова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2022. – С. 102-107.

2. Кулибеков, К. К. Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров голштинской породы разного возраста в условиях роботизированной фермы / К. К. Кулибеков // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Сельскохозяйственные науки». – 2023 – № 7 (65). – С. 98–102.

3. Худякова, Е. В. Цифровая трансформация сельского хозяйства и компетентностная модель выпускника аграрного вуза / Е. В. Худякова, А. В. Шитикова, М. Н. Степанцевич // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 60. – С. 91-95. – EDN MDOIYB.

УДК 631.1: 378.046.4

**КАДРОВЫЕ РЕСУРСЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК ДЛЯ  
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ И  
ДРУЖЕСТВЕННЫХ СТРАН: ОПЫТ ЦИФРОВОЙ КАФЕДРЫ  
ТИМИРЯЗЕВСКОЙ АКАДЕМИИ**

**Степанцевич Марина Николаевна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [stepancevich@rgau-msha.ru](mailto:stepancevich@rgau-msha.ru)

**Алиев Мехри Хикметович**, директор, Российско-китайский научно-исследовательский центр цифровой экономики, [alievmekhri@gmail.com](mailto:alievmekhri@gmail.com)

**Мигунов Ришат Анатольевич**, к.э.н., доцент, доцент кафедры политической экономики института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [migunov@rgau-msha.ru](mailto:migunov@rgau-msha.ru)

**Дорошкевич Иван Николаевич**, к.э.н., доцент, доцент кафедры экономической безопасности, Белорусский государственный университет, [atalez@tut.by](mailto:atalez@tut.by)

**Сюткина Анастасия Анатольевна**, специалист, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.sytkina@rgau-msha.ru](mailto:a.sytkina@rgau-msha.ru)

***Аннотация.** Исследование посвящено проекту «Цифровая кафедра», направленному на подготовку высококвалифицированных кадров для цифровой трансформации агропромышленного комплекса. Особое внимание уделено опыту Тимирязевской академии, которая активно развивает этот проект и ежегодно выпускает тысячи аграрных специалистов с углубленными знаниями в сфере цифровых технологий. В статье представлены основные подходы к подготовке кадров для цифровизации агропромышленного комплекса, успешные проекты выпускников цифровой кафедры, выявлены направления подготовки кадров для цифровизации АПК в России и дружественных странах.*

***Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, цифровизация, цифровая экономика, цифровые кафедры, институты, продовольственная безопасность.*

Цифровая трансформация агропромышленного комплекса (далее АПК) требует достаточного количества подготовленных кадров, имеющих глубокие знания и практические навыки в области цифровизации АПК [5]. Основой цифровой трансформации АПК РФ является прежде всего кадровый потенциал в связи с тем, что именно специалисты АПК различных уровней и направленностей подготовки разрабатывают, внедряют и поддерживают цифровые решения для агробизнеса [1, 4].

Начало проекта «Цифровая кафедра» в России было обусловлено потребностью унифицировать образовательный процесс и повысить прозрачность академической деятельности. На сегодня – это проект, в рамках которого студенты российских вузов параллельно с основным образованием получают дополнительную ИТ-профессию.

Проект начался с 2022 года, когда в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» был выделен отдельный трек по данному направлению<sup>1</sup>. В Тимирязевской академии проект «Цифровая кафедра» с 2022 года готовит студентов к работе в области цифровизации аграрной сферы, ответу на современные вызовы аграрного сектора. В 2022-2025 годах на «цифровой кафедре» Тимирязевской академии для отрасли подготовлено почти 6 тысяч аграрных специалистов с навыками в области информационных технологий, большинство из которых получают основное образование в области агрономии, зоотехнии, агроинженерии, садоводства и др.

Основными подходами к подготовке слушателей на «цифровой кафедре» являются:

- практико-ориентированность обучения за счет организации высокого уровня разработки, внедрения и преподавания инновационных ИТ-модулей на основе цифровых компетенций, наиболее востребованных в АПК [3];

- кросс-функциональность обучения, направленная на объединение инновационных технологий сельского хозяйства и цифровых технологий;

- индустриализация и ориентация на проектную работу обучающихся на основе изучения студентами применяемых в АПК цифровых технологий, работы с кейсами, актуальными задачами индустриальных партнеров, выполнение индивидуальных и групповых проектов в области цифровизации АПК.

К процессу разработки, актуализации и реализации программ переподготовки «цифровой кафедры» Тимирязевской академии привлекаются ведущие представители компаний ИТ-сферы, организаций и предприятий АПК, разрабатывающих и применяющих цифровые технологии.

Проекты выпускников цифровой кафедры способствуют обеспечению продовольственной безопасности России. Так, например, разрабатывается цифровая платформа, которая представляет собой площадку, на которой сельхозтоваропроизводители смогут найти и купить отечественные семена сельскохозяйственных культур, сопутствующие товары и услуги, а также получить консультацию профильных специалистов. Цифровая платформа будет интересна селекционерам, семеноводческим хозяйствам, агробизнесу,

---

<sup>1</sup> Постановление Правительства РФ от 13 мая 2021 г. N 729 "О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства "Приоритет-2030". Электронный ресурс. Режим доступа: <https://base.garant.ru/400793960/>, свободный.

производителям техники, средств защиты растений и удобрений<sup>2</sup>. Проект получил финансирование от фонда содействия инновациям.

Проекты «цифровой кафедры», реализуемые в Тимирязевской академии, могут служить ценным примером высокоуровневой подготовки ИТ-кадров для дружественных стран благодаря своей комплексной архитектуре цифровизации образования и отраслевых процессов в АПК. В основе проекта лежит сочетание академического обучения, прикладных исследований и пилотных внедрений в реальных производственных условиях, что позволяет оперативно трансформировать образовательный контент под требования рынка труда и отраслевые потребности [2].

Опыт выстраивания образовательных траекторий под современные требования АПК, создания пилотных площадок для тестирования цифровых решений и их внедрения в сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятиях могут быть полезны не только России, но и Китаю, Беларуси и другим дружественным странам. Внедрение международных стандартов подготовки кадров, совместные научно-исследовательские проекты и обмен передовыми практиками в области цифровой трансформации АПК позволяют создавать синергию между образованием, бизнесом и государственными структурами, способствуя устойчивому развитию аграрного сектора, взаимному росту компетенций специалистов, достижению продовольственной безопасности России и дружественных стран.

#### Библиографический список

1. Мигунов, Р. А. Исследование вызовов агропромышленного комплекса -основа стратегического целеполагания развития аграрной сферы / Р. А. Мигунов, А. А. Сюткина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 4. – С. 135-145. – DOI 10.26897/0021-342X-2022-4-135-145. – EDN THMQNO.

2. Степанцевич, М. Н. Актуальность совершенствования системы поддержки принятия решений при подготовке аграрных специалистов / М. Н. Степанцевич, И. А. Кудинов // Аграрная наука - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1753-1755. – EDN VSIXMF.

3. Степанцевич, М. Н. Этапы цифровизации системы подготовки аграрных специалистов / М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев, И. А. Кудинов // Аграрная наука - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1750-1752. – EDN QXDUIN.

---

<sup>2</sup> Цифровая платформа студента Тимирязевки поможет развитию семеноводства в России. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/press-service/novosti-agrarnoy-nauki-i-obrazovaniya/tsifrovaya-platforma-studenta-timiryazevki-pomozhet-razvitiyu-semenovodstva-v-rossii/>, свободный.

4. Худякова, Е. В. Кадровой потенциал АПК в условиях цифровой трансформации / Е. В. Худякова, М. И. Горбачев, М. Н. Кушнарера // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 февраля 2020 года / Под общей редакцией Д.В. Чистова. Том Часть 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "1С-Публишинг", 2020. – С. 486-488. – EDN ZCLDJF.

5. Худякова, Е. В. Цифровая трансформация сельского хозяйства и компетентностная модель выпускника аграрного вуза / Е. В. Худякова, А. В. Шитикова, М. Н. Степанцевич // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 60. – С. 91-95. – EDN MDOIYB.

УДК 636.2 : 636.03 : 004.896

## СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**Ястребова Полина Алексеевна**, студентка 3 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, polinayastr@gmail.com

**Научный руководитель – Степанцевич Марина Николаевна** – к.э.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, stepancevich@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается подход к созданию системы автоматизированного управления молочной продуктивностью крупного рогатого скота с применением методов компьютерного зрения и интеллектуальной обработки данных. Особое внимание уделено анализу существующих ограничений в сфере молочного животноводства, формированию архитектуры системы и разработке функциональной схемы, отражающей движение информации между модулями. Представлены результаты проектирования и общие методические положения, определяющие принципы дальнейшего внедрения.*

***Ключевые слова:** компьютерное зрение, молочная продуктивность, автоматизация, искусственный интеллект, идентификация животных, цифровое животноводство.*

Автоматизация процессов управления молочной продуктивностью крупного рогатого скота является актуальной задачей современного точного животноводства. В условиях быстро меняющейся окружающей среды и дефицита рабочей силы необходимо использовать современные информационные технологии для повышения эффективности производства [4]. Цифровая трансформация кадрового потенциала также важна для успешного внедрения таких систем [5]. Технологии искусственного интеллекта позволяют анализировать большие объёмы данных о состоянии животных и прогнозировать продуктивность, что открывает новые возможности для оптимизации кормления и ухода за животными [2].

В ходе проведённого анализа существующих подходов к автоматизации процесса учета на молочных фермах было установлено, что значительная часть операций, связанных с контролем продуктивности и фиксацией посещений доильных залов, по-прежнему выполняется вручную. Это приводит к высокой вероятности человеческих ошибок, неполному учёту

посещений и задержкам в принятии управленческих решений, отсутствию единой структуры данных.

Эти наблюдения стали поводом для разработки системы, основанной на методах компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Ключевой задачей стала фиксация посещений доильного зала и построение индивидуальных профилей продуктивности. При разработке функциональной схемы особое внимание уделялось взаимодействию между полевыми устройствами, серверной частью и пользовательским интерфейсом, чтобы обеспечить надёжную работу при нестабильном качестве связи и различных условиях эксплуатации.

Для построения схемы была сформирована многоуровневая архитектура: полевой уровень отвечает за сбор и первичную обработку видеопотока, центральный уровень — за идентификацию животных и формирование событий, а пользовательский уровень — за визуализацию данных и поддержку управленческих решений. Такой подход обеспечивает гибкость и возможность масштабирования, что особенно важно для внедрения на фермах разного размера.

Разработка велась по принципу последовательного уточнения требований и структуры подсистем. На основе предварительного анализа была создана функциональная схема (рисунок 1), включающая модули сбора видеоданных, формирования событий, идентификации животных, хранилища событий и подсистемы визуализации.

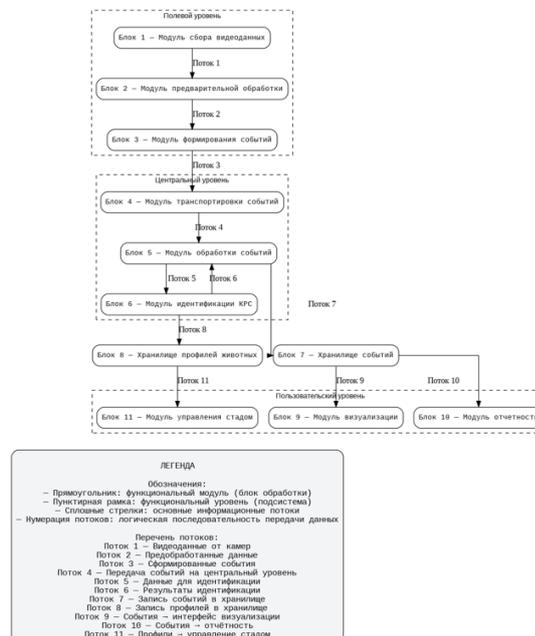


Рисунок 1 – Функциональная схема системы

Таким образом, полученные данные проходят анализ: программное ядро вычисляет статистику по стаду и выявляет отклонения. Методы анализа включают как простую логику (сравнение с нормой), так и обученные модели прогнозирования продуктивности. Таким образом, система представляет собой конвейер «камеры, обработка, база данных, аналитика», обеспечивая

непрерывную работу даже при большом объёме животноводческого хозяйства.

Разработанная функциональная схема системы с применением ИИ обеспечивает автоматический сбор данных, их анализ и визуализацию ключевых метрик, что соответствует современным тенденциям цифровизации АПК [3]. Как показывают исследования, интеграция информационных систем на сельхозпредприятии обеспечивает целостную управленческую информацию, а внедрение ИИ повышает продуктивность и адаптивность решений [1].

Проведённая работа показала, что использование методов компьютерного зрения позволяет надёжно автоматизировать процессы фиксации посещений и снизить зависимость от ручного ввода данных. Разработанная архитектура обеспечивает стабильность и низкие задержки, что делает систему пригодной для практического применения. Многошаговый механизм идентификации сокращает количество ошибок.

#### Библиографический список

1. Аспекты интеграции информационных систем сельскохозяйственных предприятий / Т. Ф. Череватова, О. С. Ермолаева, И. Е. Быстренина, М. Н. Степанцевич // Научное обозрение: теория и практика. – 2021. – Т. 11, № 8(88). – С. 2397-2414. – DOI 10.35679/2226-0226-2021-11-8-2397-2414. – EDN RXPKVG.

2. Искусственный интеллект в научно-техническом развитии сельского хозяйства / Н. П. Мишуров, В. Н. Кузьмин, О. А. Моторин [и др.] // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы XV Международной научно-практической конференции, р.п. Правдинский, Московская обл., 08 июня 2023 года. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. – С. 78-83. – EDN YVHGBC.

3. Кушнарера, М. Н. Методические особенности определения эффективности внедрения информационных технологий на предприятии / М. Н. Кушнарера // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – № 4. – С. 45-49. – EDN XR1HRH.

4. Степанцевич, М. Н. Этапы цифровизации системы подготовки аграрных специалистов / М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев, И. А. Кудинов // Аграрная наука – 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1750-1752.

5. Худякова, Е. В. Кадровой потенциал АПК в условиях цифровой трансформации / Е. В. Худякова, М. И. Горбачев, М. Н. Кушнарера // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 февраля

2020 года / Под общей редакцией Д.В. Чистова. Том Часть 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «1С-Публишинг», 2020. – С. 486-488.

## СЕКЦИЯ 6. ОПЕРАТОР ЦИФРОВОЙ ФЕРМЫ

УДК 004.9

### ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В СКОТОВОДСТВЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ

**Адяев Аюка Олегович**, студент 1 курса магистратуры института зоотехнии и биологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, ADYAEV00@LIST.RU

**Научные руководители: Прохоров Иван Петрович**, д.с.-х.н., профессор кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, prohorov@rgau-msha.ru;

**Шеховцев Григорий Сергеевич**, ассистент кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, shekhovtsev@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Статья анализирует цифровые технологии в скотоводстве как инструмент повышения эффективности отрасли. Выявлены отраслевые особенности: прецизионный контроль в молочном скотоводстве и дистанционный мониторинг в мясном. Определены ключевые проблемы – качество больших данных и отсутствие методов оценки эффективности технологий.*

***Ключевые слова:** точное животноводство, молочное скотоводство, мясное скотоводство, цифровые технологии, цифровая трансформация.*

Рост численности населения планеты предъявляет повышенные требования к животноводству, которое сталкивается с необходимостью наращивания объемов и повышения качества продукции в условиях ужесточающихся требований к благополучию животных, экологической безопасности и общественному здоровью [3]. Это обуславливает необходимость трансформации традиционных моделей хозяйства в сторону более эффективных и управляемых систем.

В ответ на эти вызовы происходит активная цифровизация отрасли и развитие точного скотоводства, основанного на применении сенсоров, систем автоматизации и роботизации. Однако, несмотря на обилие технологических решений, в научной и профессиональной среде отсутствует систематизированный подход к оценке их эффективности, что затрудняет формирование обоснованных приоритетов для инвестиций и развития отрасли.

Целью данного исследования является анализ внедренных цифровых технологий в молочном и мясном скотоводстве и оценка перспектив их применения на основе систематизации данных научных публикаций и

коммерчески доступных решений.

Результаты исследования. Основу цифровой трансформации составляют технологии точного животноводства, направленные на детальный контроль продуктивности и оптимизацию экономических и экологических показателей ферм. На практике это реализуется через интеграцию сенсорных систем (ушные бирки, абдоминальные болюсы, датчики микроклимата) и автоматизированных решений (роботизированное доение, кормление), позволяющих в режиме, близком к реальному времени, отслеживать ключевые параметры здоровья и условий содержания.

Одним из наиболее эффективных направлений является мониторинг репродукции. Комбинированное использование датчиков эструса и пedomетров доказало свою результативность. Перспективным методом является автоматический анализ вокализации, позволяющий определять эстральный статус с высокой точностью (чувствительность 87%, специфичность 94%), а также портативные устройства для определения уровня прогестерона в молоке непосредственно на ферме [1].

Важным аспектом управления здоровьем является диагностика метаболических нарушений. Для этого разрабатываются биосенсоры для оперативного выявления маркеров негативного энергетического баланса (NEFA) и кетоза (BHBA), в том числе высокочувствительные сенсоры на основе квантовых точек и наноструктур MoS<sub>2</sub> [4].

Цифровые технологии также позволяют объективно оценивать поведенческие паттерны. Биометрические сенсоры (например, MooMonitor) и системы на основе акселерометров демонстрируют высокую точность (до 95%) в классификации поведенческих актов, что необходимо для оценки благополучия животных. Наиболее комплексными решениями являются роботизированные системы доения, которые интегрируют мониторинг состояния коровы в процесс дойки и кормления [3].

Ключевым вызовом при работе с большими данными в скотоводстве становится обеспечение их качества, что требует обязательной проверки и очистки информации для достоверности аналитики.

В отличие от молочного скотоводства, где технологии часто интегрированы в стационарные технологические процессы, мясное скотоводство, с его преобладанием пастбищного содержания, требует применения решений для дистанционного мониторинга и управления разрозненными группами животных в условиях открытой местности. Фокус цифровизации здесь смещается с контроля физиологических параметров в реальном времени на мониторинг поведенческих актов, приростов и автоматизированную идентификацию.

Перспективным направлением является использование систем компьютерного зрения. Решения на основе цифровых камер высокого разрешения позволяют осуществлять автоматическое взвешивание и сбор данных о животных в ключевых точках их регулярного посещения, таких как поилки и кормушки. Получаемые данные агрегируются в информационном

облаке для последующего анализа среднесуточных приростов, динамики роста и состояния здоровья, обеспечивая оперативный доступ к информации для управленческого персонала через мобильные приложения [2].

Разрабатываются специализированные сенсорные системы для пастбищного содержания, характеризующиеся легкостью, низкой стоимостью и высокой эффективностью сбора информации. Анализ данных о поведении отдельных животных в группе позволяет оперативно выявлять отклонения, связанные с заболеваниями, недостатком микроэлементов или воздействием стресс-факторов (например, засухи), что способствует своевременному принятию управленческих решений и установлению причин низкой продуктивности [2].

Высокотехнологичным решением в области идентификации является сканирование рельефа носового зеркала. Данный биометрический параметр уникален для каждой особи, не изменяется в течение жизни и обладает высокой степенью защиты от фальсификации. Эта технология, по сути являющаяся аналогом системы «Face ID» для крупного рогатого скота, позволяет с помощью мобильного устройства мгновенно получать полный набор данных о животном и интегрировать их в системы управления технологическими процессами [2].

Закключение. Проведенный анализ подтверждает, что цифровизация является стратегическим направлением развития скотоводства. В молочном направлении технологии фокусируются на прецизионном контроле физиологического состояния животных, в мясном – на дистанционном мониторинге поведения и приростов. Ключевыми вызовами остаются обеспечение качества больших данных и отсутствие стандартизированных подходов к оценке эффективности технологий. Преодоление этих барьеров определит успех перехода к управляемому, экономически эффективному и устойчивому животноводству.

#### Библиографический список

1. Groher T., Heitkämper K., Umstätter C. Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming //Animal. – 2020. – Т. 14. – №. 11. – С. 2404-2413.
2. Markov N. et al. Digital management of technological processes in cattle farms: a review //Journal of Central European Agriculture. – 2022. – Т. 23. – №. 3. – С. 486-495.
3. Neethirajan S., Kemp B. Digital livestock farming //Sensing and Bio-Sensing Research. – 2021. – Т. 32. – С. 100408.
4. Tuteja S. K., Duffield T., Neethirajan S. Graphene-based multiplexed disposable electrochemical biosensor for rapid on-farm monitoring of NEFA and  $\beta$ HBA dairy biomarkers //Journal of Materials Chemistry B. – 2017. – Т. 5. – №. 33. – С. 6930-6940.

УДК 636/639:631.151:636.082.3:004

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СТАДОМ

**Бутырский Александр Александрович**, студент 1 курса магистратуры института зоотехнии и биологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, [aleks24062003but@gmail.com](mailto:aleks24062003but@gmail.com)

**Научный руководитель – Соловьева Ольга Игнатьевна**, д.с.-х.н., профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, [milk-center@rgau-msha.ru](mailto:milk-center@rgau-msha.ru)

**Жукова Екатерина Викторовна**, к.с.-х.н., доцент, доцент кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, [e.zhukova@rgau-msha.ru](mailto:e.zhukova@rgau-msha.ru)

***Аннотация.** Выполнен сравнительный анализ систем управления стадом, а именно трёх мировых лидеров и двух отечественных разработок. Определены преимущества и недостатки, результаты представлены в виде сводной таблицы. По итогам работы сделан вывод.*

***Ключевые слова:** система управления стадом, искусственный интеллект, мониторинг, интеграция.*

Сегодня успех молочной фермы измеряется не только тоннами молока, но и гигабайтами информации. Управлять сотнями животных, опираясь только на опыт и зоркий глаз, — уже неэффективно. Запоздалое выявление болезней, пропущенная охота, несбалансированное кормление и многое другое, приводят хозяйства к большим убыткам. Тотальная нехватка кадров также вносит свои коррективы, поэтому цифровизация не мода, а необходимость.

Рассмотрим пять ведущих систем управления стадом: трёх мировых гигантов Afimilk, DeLaval, Lely и двух конкурентоспособных российских разработок — Молоко 2.0 и Арка. По итогу сделаем вывод, какие системы в наше время, следует использовать.

AfiFarm — предлагает комплексные решения для контроля и оптимизации производственных процессов на фермах, более того, является одной из передовых систем управления молочным стадом в мире.

Представлена молокомером MPC и анализатором AfiLab. На сегодняшний день, данные датчики являются самым эффективным инструментом для выявления таких распространённых заболеваний, как мастит, кетоз и ацидоз. Система управления стадом предупреждает о проблемах в кормлении, с помощью системы AfiSort выполняет сортировку животных (осеменение коров, лечение, ветеринарные осмотры, проверки на стельность, обрезка копыт, перемещения животных — всё это повседневные потребности фермы.). Посредством ошейника и ножного датчика происходит

идентификация животных, передаются сведения о руминации, а также происходит оповещения об отёлах и обнаружение охоты 24/7 [1].

DelPro™ Farm Manager - система управления стадом, которая отлично интегрирована с доильными залами различных производителей. Интерфейс интуитивен, больше ориентирован на оперативную работу. В основном подходит для ферм с небольшим поголовьем и с количеством особей до 20 тысяч. Возможности программы:

Сбор массива данных по заданным условиям, с возможностью выведения информации как по конкретному животному, так и обобщённая статистика по всему модулю.

Автоматизированные аналитические данные по основным реперным точкам, которыми в данном случае являются списки на репродуктивную функцию, графики вакцинации, беременностей, и прочее.

Персональная карта коровы, включающая сведения о ее периоде лактации, продуктивности, репродуктивных способностях и особенностях, питания и т.д. [2].

Недостатки. Система больше сообщает о случившемся, нежели выстраивает прогноз. Использование и внедрение в продукты ИИ началось только в прошлом году. Несмотря на то, что система управления интегрируется с оборудованием разных производителей, однако больше настроена на взаимодействие с собственным. Поддерживает только определённые ридеры, не взаимодействует с ПО более поздних версий.

Lely T4C (Time for Cows) – представляет собой не просто систему управления стадом, а целую экосистему, состоящую из автоматических доильной системы Lely Astronaut (цвет молока, содержание белка/жира, содержание лактозы, проводимость молока, температура, количество соматических клеток, вес, продуктивность, потребление кормов, остаток кормов, время доения, скорость молокоотдачи, количество дрений), системы кормления Lely Vector (количество грубых кормов на группу, эффективность съедания), кормовой станции Lely Cosmix (потребление кормов и остаток), селекционного бокса Lely Grazeway (корова будет направлена в определённую зону на основании времени после доения или требований фермера), автоматической станции выпойки телят Lely Calm (потребление молока, вес), мониторинга состояния репродуктивной системы и здоровья Lely Qwes (время пережёвывания, активность коровы) [3].

Молоко 2.0.

Проект внесен в перечень особо значимых и получил поддержку Фонда «Сколково» в рамках Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Платформа включает шесть функциональных блоков: мониторинг событий на ферме, схемы лечения, календарь-планировщик, предиктивную аналитику, управление селекцией и генетикой, индивидуальные карточки животного. Таким образом, работа с ней подразумевает полную цифровизацию работы со стадом.

Система «Молоко 2.0» может быть интегрирована с ПО, обеспечивающим работу доильного оборудования, и с государственными информационными системами – Федеральной государственной информационно-аналитической системой племенных ресурсов (ФГИАС ПР) и Федеральной государственной информационной системой в области ветеринарии (ФГИС «ВетИС») [4].

Основные преимущества российской системы – элементы технологий искусственного интеллекта, которые отвечают за «строительство» цифрового двойника фермы и применение предиктивных сценариев развития хозяйства, а также доступная цена.

Арка – ИИ-система управления стадом, отечественная разработка.

Функциональные возможности: управление ветеринарией, состояние поголовья, контроль воспроизводства, ведение движения стада, интеграция с доильными залами и датчиками, прогнозирование молока.

Динамическое развитие и работа системы не подвержены западным санкциям, в том числе негативным сценариям макроэкономических и политических факторов.

Из выше описанного вытекает полная русифицированность программного обеспечения, т.е. в ней нет непонятных аббревиатур на иностранных языках, что упрощает взаимодействие и поиск информации» [5].

Искусственный интеллект умеет на основе массива собранных данных чётко прогнозировать потенциальные объёмы молока, количество телят и к каким болезням быть готовым. Как и у Молоко 2.0, возможно присоединение любого количества участников без ограничений.

Недостатки. Отсутствуют интеграции с системой управления кормлением, но работа в этом направлении ведётся.

Вывод.

Как мы видим, универсальной инструкции нет. Выбор системы — это стратегическое решение, зависящее от размера фермы, бюджета, уровня подготовки команды и долгосрочных целей.

Безусловный лидер, в данный момент — компания Afimilk. Для надёжности и эффективности работы оборудования на фермах — система управления стадом DelPro, а для полной роботизации и создания "фермы будущего" — Lely T4C. Для бюджетного и быстрого старта с качественной поддержкой — российские системы Молоко 2.0 и Арка.

Однако в свете последних событий, нам необходимо стремиться к внедрению на фермы именно российских аналогов. Это гораздо бюджетнее и безопаснее. Более того, будет способствовать развитию как систем управления, так и самих ферм.

Библиографический список

1. Автоматизация доильных залов – Afimilk – Режим доступа: [https://milktechservice.by/wp-content/uploads/2023/09/parlor-automation-ru\\_-web.pdf](https://milktechservice.by/wp-content/uploads/2023/09/parlor-automation-ru_-web.pdf), свободный, дата обращения: 26.10.2025.

2. Описание доильной системы DelPro Companion – Режим доступа: <https://aviprime.by/wp-content/uploads/2020/04/opisanie-delpro-companion.pdf> , свободный, дата обращения: 26.10.2025.

3. Роботизированная доильная система - Lely Astronaut – Режим доступа: [https://www.ascg.ru/upload/file/Lely\\_Astronaut\\_A4\\_\\_RU.pdf](https://www.ascg.ru/upload/file/Lely_Astronaut_A4__RU.pdf) , свободный, дата обращения: 26.10.2025.

4. Система управления стадом – moloko2.pro – Режим доступа: <https://moloko2.pro/> , свободный, дата обращения: 26.10.2025.

5. Система управления стадом - arka.dev. – Режим доступа: <https://arka.dev/?ysclid=mh7o4ghzzn941503456> , свободный, дата обращения: 26.10.2025.

УДК 636.082.35:004.8

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКА**

**Лучков Михаил Борисович** студент 1 курса магистратуры института зоотехнии и биологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, mluchkov@gmail.com

**Научные руководители: Соловьева Ольга Игнатьевна**, д.с.-х.н., профессор кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, milk-center@rgau-msha.ru; **Чебурашкин Евгений Станиславович**, ассистент кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, evcheburashkin@gmail.com

***Аннотация.** В статье анализируется применение искусственного интеллекта для совершенствования условий содержания новорожденных телят в индивидуальных клетках с интегрированной автоматической системой удаления загрязненной подстилки. Установлено, что использование автоматизированной системы очистки снижает концентрацию аммиака в помещениях и способствует интенсификации темпов прироста массы телят в молочный период.*

***Ключевые слова:** автоматизация, цифровизация, искусственный интеллект, микроклимат, молочное скотоводство, телята.*

Современные цифровые технологии значительно трансформируют аграрный сектор, содействуя росту эффективности и устойчивости производственных процессов. Особенно интенсивно процессы цифровизации внедряются в молочное животноводство, которое отличается высоким уровнем технологического развития и динамикой обновлений. Традиционные методы управления молочными фермами сопровождаются рядом сложностей: дефицитом квалифицированных кадров, влиянием человеческого фактора, неэффективным использованием ресурсов, нестабильностью продуктивности поголовья и трудностями в организации непрерывного контроля состояния животных [1]. В таких условиях внедрение искусственного интеллекта (ИИ) становится одним из ключевых решений, способных значительно улучшить производственные показатели, оптимизировать издержки и повысить уровень благополучия коров.

Совмещение ИИ с существующими технологическими решениями открывает новые возможности для повышения результативности работы фермы. В этой связи данная работа направлена на интеграцию систем искусственного интеллекта с клеткой для новорожденных телят, которая включает автоматизированную систему очистки зоны отдыха.

Разработанная и запатентованная нашей командой клетка с автоматической системой очистки для содержания ремонтного молодняка до двухмесячного возраста приведена на рисунке 1 [2].



Рисунок 1 – Клетка для содержания новорожденных телят

В отличие от существующего оборудования, применяемого для содержания телят в молочный период, использование усовершенствованной клетки способствует созданию благоприятных условий для животных и поддержанию необходимых параметров микроклимата за счет уменьшения аммиака вокруг теленка [3].

Группа I показывает более высокие уровни аммиака (средний  $6,79 \text{ мг/м}^3$ ), в то время как группа II, где телята содержались в клетках с полуавтоматической системой очистки, демонстрирует значительно более низкие показатели (средний  $2,94 \text{ мг/м}^3$ ), что на 56,7% ниже. Это указывает на эффективность системы очистки в снижении аммиака, обеспечивая лучшие микроклиматические условия для группы II.

Данный эффект обусловлен регулярным удалением загрязнённой подстилки и своевременным внесением свежих подстилочных материалов, что обеспечивает повышение санитарного состояния содержания животных. Такой подход способствует формированию у телят устойчивой иммунной системы, что позитивно сказывается на их росте, развитии и, в дальнейшем, приводит к увеличению продуктивности.

При рождении масса телят практически не отличалась: 38,0 кг у группы I и 37,9 кг у группы II. Различия статистически незначимы, что говорит о сопоставимости групп по начальным показателям.

К концу второго месяца жизни разница стала более выраженной: у телят группы I масса составила 77,4 кг, а у группы II — 84,8 кг. Таким образом, группа II превосходила первую по массе на 7,4 кг. Аналогичная тенденция отмечается и к третьему месяцу: в группе II живой вес больше на 7,1 кг по сравнению с группой I (114,3 кг против 107,2 кг).

Абсолютный прирост массы за анализируемый период также выше у группы II (76,5 кг против 68,7 кг у группы I), что подтверждает более интенсивное развитие телят, содержащихся в клетках с автоматической системой очистки.

Таким образом, можно сделать вывод, что содержание новорожденных телят в клетках с автоматической системой очистки способствует большему приросту живой массы и обеспечивает более равномерное развитие животных в сравнении с индивидуальными домиками «Иглус».

Особый акцент делается на анализ двигательной активности: система с использованием камер фиксирует и анализирует возможные отклонения, связанные с появлением вялости, нарушениями походки или избыточной возбудимостью. Своевременное выявление таких изменений позволяет оперативно реагировать и проводить необходимые ветеринарные мероприятия, предотвращая развитие патологических процессов.

Внедрение цифровой платформы управления клетками новорожденных телят обеспечивает постоянный сбор объективных данных о состоянии каждого животного, что служит основой для всестороннего анализа с помощью искусственного интеллекта. Полученные результаты позволяют автоматизировано выявлять отклонения от физиологической нормы, обеспечивать индивидуализированный подход в уходе и, как следствие, повышать эффективность содержания молодняка, его продуктивность и сохранность. Такой подход не только улучшает качество ухода, но и способствует повышению рентабельности производства за счет раннего выявления и предупреждения проблем.

Заключение. Таким образом, интеграция искусственного интеллекта в систему содержания новорожденных телят обеспечивает новые возможности для автоматизированного мониторинга и управления условиями их содержания. Внедрение подобных цифровых решений способствует повышению благополучия животных, снижению эксплуатационных затрат и увеличению продуктивности, что является значимым шагом к устойчивому развитию современного животноводства.

#### Библиографический список

1. Х. А. Амерханов, О. И. Соловьева, Ю. А. Юлдашбаев [и др.]; Патент на полезную модель № 229462 U1 Российская Федерация, МПК А01К 1/02. Клетка для индивидуального содержания новорожденных телят: № 2024112478: заявл. 07.05.2024: опубл. 08.10.2024 / заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". – EDN FMSCWK.

2. Косенчук, О. В. Успехи и вызовы внедрения автоматизированных систем управления в молочном животноводстве / О. В. Косенчук // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 10. – DOI 10.18334/ep.15.10.123854. – EDN UQSBK

3. Чебурашкин, Е. С. Новый подход к технологии выращивания телят молочного периода / Е. С. Чебурашкин, М. Б. Лучков, О. И. Соловьева // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича : Сборник статей, Москва, 03–05 июня 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. – С. 392-397. – EDN UTDZLE.

## СЕКЦИЯ 7. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ГИДРОТЕХНИКЕ

УДК 627.8 + 004.942 + 551.58

### СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ И ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН И МОСТОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ (ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

**Томилова Антонина Михайловна**, студентка 6-ого курса института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mo0\_abh@mail.ru

Научные руководители:

**Зборовская Марина Ильична**. – к.т.н., доцент кафедры гидротехнических сооружений института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, zborovskya@rgau-msha.ru

**Жукова Татьяна Юрьевна** – старший преподаватель кафедры гидротехнических сооружений института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, t.zhukova@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Статья посвящена повышению безопасности плотин и мостов Приморского края в условиях роста экстремальных осадков, тайфунов и климатических изменений. Показано, что традиционные методы оценки не отражают реальных нагрузок на сооружения. Рассматриваются возможности цифрового моделирования, цифровых двойников и спутникового мониторинга для анализа напряжённого состояния конструкций. Применение IoT-сенсоров и обработки больших данных позволяет выявлять ранние признаки дефектов. Интеграция этих технологий обеспечивает переход к предиктивному управлению рисками и повышает надёжность инфраструктуры региона.*

***Ключевые слова** Приморский край; плотины; мосты; безопасность гидротехнических сооружений; климатические изменения; тайфуны; экстремальные осадки; цифровое моделирование; цифровой двойник; IoT-сенсоры; спутниковый мониторинг (InSAR); предиктивная диагностика.*

Представьте себе Приморский край —здесь реки и морские ветра ведут свой неспешный диалог с инженерными сооружениями: плотинами и мостами, которые связывают берега и поколения. Для инженеров это ежедневная головоломка на фоне быстро меняющегося климата.

Что происходит с этими “корнями” инфраструктуры в последние десятилетия? Температуры скачут от зимних  $-20^{\circ}\text{C}$  до летних  $+35^{\circ}\text{C}$ . Осадки

приходят какими-то волнами: муссонные ливни, как это было летом 2023 года, или зима оказывается столь тёплой, что привычный слой промёрзшей земли едва держится за своё место. За последние тридцать лет средняя зимняя температура выросла почти на градус за декаду ... но для инженерных конструкций это испытание). А летние ливни становятся только мощнее: там, где дождей ожидали по норме, теперь приходится справляться с полутораметровым слоем воды в сезон. Плотины вынуждены держать удары новых рекордных паводков — проливной ливень или тайфун могут за ночь превратить равнинную речку в бурную стихию (рис. 1).



Рисунок 1 — Количество паводков в Приморском крае по годам

Главная тема здесь — неизбежное старение механизмов безопасности на фоне этой погодной чехарды. Тут цифровое моделирование выходит на сцену в роли «специалиста по предсказанию будущего». Раньше инженеры работали с чертежами и архивными расчетами; теперь же можно создать полноценный цифровой двойник каждой плотины или моста — имитация не только структуры объекта, но и всех воздействующих на него сил природы. Причём современные программы (например Midas GTS NX для анализа напряжений в бетоне) позволяют оценить реакцию сооружения даже на тот самый «исключительный» ливень или землетрясение.

Есть еще один уровень этой «игры» — большие данные и Python. Тысячи датчиков следят за состоянием сооружений: фиксируют вибрации опор после ледохода или колебания уровня воды во время шторма. Все эти «цифры» поступают напрямую анализаторам: современные библиотеки машинного обучения учатся различать тревожные сигналы раньше появления трещины глазу ремонтника.

Но мы идём глубже: спутниковый мониторинг деформаций (InSAR), интернет вещей (IoT-датчики) автоматизируют наблюдение за ключевыми

параметрами круглосуточно и в самых удалённых уголках края (где пешком бывает пройти непросто).

Ядро всех этих инноваций — возможность перейти от запоздалых ремонтов к опережающему управлению рисками. Вместо рутины «дождаться» первой внушительной трещины», инженеры буквально чувствуют грядущие проблемы заранее и подстраивают графики техобслуживания под реальное состояние объекта.

На одном примере всё понятно: Артемовский гидроузел обеспечивал Владивосток водой десятки лет по проектным расчётам 1970-х годов. Но к сегодняшнему дню средняя температура выросла почти на два градуса; природа понесла воду иначе; пики осадков изменились в разы; стало больше событий экстремального характера ещё до появления традиционных скважинных утечек или поломок запорных механизмов. Не учитывая все эти нюансы при управлении объектом сегодня — значит рисковать безопасностью всей агломерации завтра

В итоге именно совокупность классических инженерных знаний и современных цифровых практик даёт нам шанс не догонять климатические перемены с запозданием («чинить по факту»), а действовать упреждающе — прогнозировать слабые места заранее и удерживать инфраструктуру «на плаву» даже среди очередного тайфуна или сейсмического толчка.

Если коротко: сегодня безопасная эксплуатация дамб и мостов невозможна без ежедневного симбиоза «живого» технического опыта и непредвзятости компьютерного анализа сырой информации из самых разных источников. И чем быстрее эта культура укрепится — тем спокойнее будут спать жители Приморья будущими дождливыми ночами.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 58860-2020. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных гидрометеорологических явлений и процессов. – М.: Стандартинформ, 2020. – 32 с.
2. Данные Примгидромета по экстремальным гидрометеорологическим явлениям в Приморском крае за 2010-2025 гг. – URL: <https://www.primgidromet.ru/> (дата обращения: 25.04.2025).
3. Данные Росгидромета по климатическим изменениям в Дальневосточном регионе. – URL: <https://meteo.ru/> (дата обращения: 18.03.2025).
4. Материалы технического обследования Артёмовского гидроузла 2023 г. / КГУП «Приморский водоканал». – Владивосток, 2023. – 78 с.
5. Фартуков, В. А. Формирование алгоритма машинного обучения по управлению системой полива : Учебное пособие / В. А. Фартуков, М. И. Зборовская. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 157 с. – ISBN 978-5-9675-2057-0. – EDN IOMPMP.

УДК 627.8 + 004.942 + 551.58

## **СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ И ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН И МОСТОВ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ (ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)**

**Азанова Дарья Александровна** студентка 6-ого курса института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mo0\_abh@mail.ru

Научные руководители:

**Фартуков Василий Александрович** – к.т.н., доцент кафедры гидротехнических сооружений института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vasfar@mail.ru

**Алексеев Даниил Андреевич** – преподаватель кафедры гидротехнических сооружений института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, daniil.alekseev.1996@mail.ru

***Аннотация.** Статья посвящена современным методам повышения безопасности плотин и мостов Краснодарского края в условиях усиливающихся паводков и климатических изменений. Показано, что расчёты по устаревшим нормативам не учитывают рост экстремальных осадков и воздействие застройки. Рассматриваются возможности цифрового моделирования, анализа данных в Python и IoT-мониторинга для раннего выявления опасных режимов. Подчёркивается эффективность предиктивных методов оценки состояния сооружений. Такой подход повышает устойчивость региональной гидротехнической инфраструктуры.*

***Ключевые слова:** плотины; мосты; безопасность гидротехнических сооружений; Краснодарский край; паводковые риски; цифровое моделирование; CFD; климатические изменения; антропогенное воздействие; мониторинг ГТС; IoT-сенсоры; прогнозирование наводнений.*

Новые вызовы для старой проблемы

Исследования наводнений за последние 100 лет выявили тревожную закономерность: ущерб от стихии стремительно растёт по всему миру, в том числе в России. Корень проблемы кроется не только в климатических аномалиях, но и в хозяйственной деятельности человека.

Краснодарский край – регион парадоксов. С одной стороны, это житница и курортная жемчужина России, с другой – территория, ежегодно подвергающаяся серьёзной гидрологической угрозе. Анализ статистики удручает: с 2010 по 2023 год крупные наводнения здесь случались с пугающей регулярностью, а трагедия в Крымске в 2012 году стала суровым уроком для всех гидротехников.

Ключевая проблема, выявленная в ходе анализа, – несоответствие проектных характеристик существующих ГТС новым климатическим реалиям. Расчеты максимальных расходов воды для таких сооружений, как Фёдоровский и Краснодарский гидроузлы, выполнялись по нормам СНиП II-И.7-65, основанным на гидрологических наблюдениях 30-50-летней давности. Эти методы не учитывают: рост интенсивности осадков: за последние 50 лет среднегодовое количество осадков в регионе выросло с 650-700 мм до 810-830 мм. Учащение экстремальных явлений: циклы паводков сократились с 10–12 до 6–7 лет.

Антропогенный фактор: активная застройка пойм и вырубка лесов кардинально меняют гидрологический режим водосборных бассейнов.

Авария на Фёдоровском гидроузле в 2022 году – наглядное следствие этой системной проблемы. Выход из неё видится в переходе от реактивного реагирования к проактивному, наукоемкому проектированию и эксплуатации на основе цифровых двойников и анализа данных.

Снижение количества гидрологических постов в России (на 47% за последние десятилетия) ограничивает доступ к точным данным для расчётов. Это особенно критично для малых рек. Современные условия требуют более точных и адаптивных подходов к проектированию гидротехнических сооружений, учитывающих климатические изменения и антропогенные факторы.

Сегодня на смену реактивному реагированию приходят комплексы вычислительной гидродинамики (CFD), такие как MIDAS CFD или его открытые аналоги, которые можно интегрировать со скриптами на Python для создания систем проектирования и эксплуатации на основе цифровых двойников и анализа данных.

На примере Фёдоровского гидроузла такое моделирование позволило бы оптимизировать форму и длину водобойной плиты, расположение раскателей потока (порог Ребока) и доказать эффективность предлагаемых решений до заливки первого кубометра бетона.  
*Python и Data Science в арсенале гидротехника*

Помимо «тяжелого» CFD-моделирования, огромный потенциал кроется в использовании Python для анализа данных. Это инструмент, который доступен любому инженеру и не требует дорогих лицензий. Анализ позволяет визуализировать тренд изменения уровней и расходов за декады, обосновывая необходимость климатических поправок. На основе данных об осадках, температуре, уровне снежного покрова в горах можно строить простые регрессионные модели для прогнозирования притока к створам ГЭС и водохранилищ. Библиотеки Scikit-learn и Statsmodels предоставляют для этого все необходимые инструменты.

Комплексный подход предполагает переход от цифровой модели к интеллектуальной системе. Цифровое моделирование не заканчивается на этапе проектирования. Его логическим продолжением является создание системы мониторинга и прогнозирования на основе IoT (Интернета Вещей).

Концепция для реконструируемого Фёдоровского гидроузла:

1. Сеть датчиков: Датчики давления и деформации на теле плотины, пьезометры для контроля фильтрации, гидрологические посты в верхнем и нижнем бьефах в режиме реального времени.

2. Цифровой двойник: Данные с датчиков постоянно поступают в калиброванную CFD-модель. Модель не статична, а «живет» вместе с сооружением.

○ Сценарное прогнозирование: При поступлении данных о ливне в верховьях Кубани система в автоматическом режиме запускает расчеты и выдает прогноз: Через 6 часов: Уровень верхнего бьефа достигнет отметки X. Рекомендация: Подготовить к открытию Y пролетов. Прогноз: Нагрузка на водобойную плиту не превысит Z кПа, размыва не ожидается.

Преимущество: управление не вслепую, а на основе предиктивной аналитики, минимизируя риски и принимая оптимальные решения.

Заключение. Новая парадигма инженера-гидротехника.

Современные условия работы в Краснодарском крае и других сложных регионах требуют от инженеров смены парадигмы. Будущее – за синтезом классических знаний гидравлики и строительной механики с мощностью современных digital-инструментов:

Цифровое гидродинамическое моделирование (CFD) для глубокого понимания физических процессов.

Язык программирования Python и Data Science для анализа больших данных, автоматизации расчетов и создания прогнозных моделей.

Системы IoT и цифровые двойники для непрерывного мониторинга и предиктивного управления.

Только такой комплексный, системный подход позволит не просто восстанавливать разрушенные сооружения, как Фёдоровский гидроузел, а создавать устойчивую, адаптивную и безопасную гидротехническую инфраструктуру, способную выдержать вызовы меняющегося климата XXI века.

Библиографический список

1. Бухарцев В.Н. Речные гидротехнические сооружения. — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2013.

2. ГОСТ Р 59873-2021. Гидроэлектростанции. Методика назначения критериев безопасности.

3. Железняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. — Л.: Гидрометеиздат, 1981.

4. Фартуков, В. А. Формирование алгоритма машинного обучения по управлению системой полива: Учебное пособие / В. А. Фартуков, М. И. Зборовская. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – 157 с. – ISBN 978-5-9675-2057-0. – EDN IOMPMP.

5. Хронологи крупнейших паводков в России. Режим доступа: <https://tass.ru/info/20478937>

УДК:004.94:631.67:633.71

## ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ХЛОПКОВОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ CROPWAT

**Аныев Довлетмырат Байгельдыевич**, преподаватель кафедры сельскохозяйственная мелиорация, ФГСМ - Туркменский сельскохозяйственный институт, dbaygeldi7@gmail.com

***Аннотация.** В данной статье рассматривается создание цифрового двойника хлопкового поля на основе модели CROPWAT, разработанной ФАО. Представлены подходы к интеграции климатических, агрономических и гидрологических данных в единую цифровую платформу. Результаты моделирования позволяют оценить потребность хлопчатника в воде при различных климатических сценариях, а также оптимизировать графики полива.*

***Ключевые слова:** Цифровой двойник, хлопковое поле, CROPWAT, сельское хозяйство.*

С каждым годом сельское хозяйство все больше напоминает айти-компанию — кажется, ещё немного, и на поле трактор будет бодро перезагружаться по Bluetooth. Это не шутка: когда воды становится всё меньше, а погодные качели становятся нормой вместо исключения, без умных технологий никуда [1-3].

Один из самых интересных инструментов здесь — так называемый цифровой двойник (Digital Twin). Это виртуальная копия настоящего поля в компьютере. Такой двойник умеет не только показывать «картинку», но и помогает просчитать: сколько воды нужно растениям именно сегодня (и немного вперёд), что случится, если завтра задует суховей или внезапно пойдут дожди. По сути, это как иметь под рукой «пробную лабораторию» для разных сценариев — но без риска погубить реальный урожай [4, 5].

Особенно актуальна эта история для хлопка (*Gossypium spp.*). В засушливых регионах важно буквально не промахнуться с поливом. И вот здесь на сцену выходит модель CROPWAT — программный продукт, про который многие слышали, но далеко не все пробовали в деле. Модель словно ваш персональный советник по орошению: берет наблюдения за погодой, анализирует, что за почва под ногами, и выдает простой ответ на наболевший вопрос — сколько воды растения действительно попросят при таких условиях.

Мы захотели собрать живую цифровую копию хлопкового поля: не абстрактную схему, а максимально приближенную к реальности модель, основанную на цифрах. С помощью CROPWAT можно просчитать водопотребление для конкретного поля и увидеть, где и когда есть смысл корректировать полив.

В нашем последнем проекте мы взяли поле в Дашогузском велаяте и собрали по нему всё: от ежедневных погодных сводок до характеристик почвы. За 2023-2024 годы у нас накопилась полноценная база жизни этого поля — идеальный материал для моделирования, экспериментов и поиска точек роста в системе орошения. Система принимает на вход температуру воздуха (минимум/максимум), влажность, скорость ветра, часы солнечного сияния; отдельно указываем характеристики почвы, подробности агротехники — вплоть до даты посева и сбора урожая.

Центральное место занимает расчет эвапотранспирации – объема влаги, который «уходит» с поверхности поля испарением и дыханием растений. Для этого использовали метод Пенмана-Монтейта — один из самых авторитетных способов учесть всё подряд: от особенностей климата до физиологии конкретной культуры. К счастью, большая часть исходных данных легко собирается агрометеостанцией прямо на поле (иначе были бы только догадки вместо точных цифр) (рис. 1).

Месяц	Min темп °C	Max темп °C	Влажность %	Ветер м/с	Солн. свет часы	Рад МДж/мл/сут	ЕТо мм/месяц
Январь	-2.0	5.0	71	2.4	3.6	6.4	27.81
Февраль	-2.1	5.9	62	2.5	4.5	9.1	35.63
Март	5.1	14.8	51	2.6	6.2	13.8	79.76
Апрель	14.5	25.8	35	2.7	8.0	19.0	156.37
Май	17.8	28.4	26	2.5	8.4	21.5	194.95
Июнь	25.2	37.0	25	2.2	9.9	24.3	228.97
Июль	25.8	38.5	26	2.1	10.6	24.8	243.03
Август	23.1	37.0	26	2.1	10.9	23.5	227.26
Сентябрь	14.7	27.4	29	1.8	9.2	18.3	143.23
Октябрь	11.3	22.6	32	1.9	7.4	12.7	104.67
Ноябрь	8.2	17.8	47	2.1	5.6	8.3	69.13
Декабрь	-1.2	6.8	64	2.1	4.2	6.2	32.98
<b>Средняя</b>	<b>11.7</b>	<b>22.3</b>	<b>41</b>	<b>2.2</b>	<b>7.4</b>	<b>15.6</b>	<b>1543.81</b>

Рисунок 1 - Эталонное испарение в районе исследования

На практике этот цифровой двойник оказался крайне полезен не только для того, чтобы посмотреть «сколько воды потратили». Он реально помогает спрогнозировать оптимальные моменты полива или минимизировать перерасход ценных ресурсов во время неожиданно жарких недель — то есть снижать лишние затраты и стресс для растений.

А если смотреть чуть дальше, то следующий логичный шаг – добавить слои ИИ-прогнозирования: чтобы смоделировать сразу несколько сезонов засухи или вовремя дать сигнал оператору о сокращении расходов воды. В будущем хочется интегрировать спутниковые снимки и машинное обучение

— тогда наш цифровой двойник станет ещё точнее угадывать состояние поля и сам советовать лучший режим для каждого дня.

По факту получается, что мы переходим от «реагирования на аварию» к управлению полным циклом производства уже почти как в индустрии 4.0. Поле начинает говорить на языке данных – наша задача его услышать.

Новые технологии быстро меняют наши привычные подходы даже к таким «традиционным» вещам, как полив сельскохозяйственных полей. Вот, казалось бы – хлопковое поле, вода, солнце. Всё просто? Как бы не так! На практике появляется всё больше переменных: погодные аномалии, дефицит воды, требования по экологии. Появляется цифровой двойник и особенно незаменимо это там, где каждый кубометр воды буквально на вес золота.

Эксперимент с созданием такого цифрового двойника для реального хлопкового поля – я взял открытое ПО CROPWAT за основу. В результате получил инструмент, который заметно облегчает жизнь агроному и даёт куда более гибкий контроль расхода воды.

Выводы. Мы только в начале пути — сейчас особенно интригует идея интегрировать спутниковые снимки и машинное обучение прямо внутрь этой системы. Тогда можно будет не просто реагировать на уже случившиеся проблемы, а предугадывать их наперёд и действовать проактивно.

И похоже, в ближайшие годы такие технологии станут если не стандартом отрасли, то точно огромным подспорьем для всех, кто занимается управлением водой в сельском хозяйстве.

#### Библиографический список

1. Стулина Г.В., Солодкий Г.Ф. Использование усовершенствованной методологии ФАО для оценки водопотребления сельскохозяйственных культур при орошении в Центральной Азии. Ташкент, 2020.
2. Аллен, Р.Г.; Перейра, Л.С.; Раес, Д.; Смит, М. Эвапотранспирация сельскохозяйственных культур: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. В ФАО ООН, Irrigation and Drainage Paper 56; ФАО: Рим, Италия, 1998.
3. Zhang, X. et al. "Digital Twin-Driven Smart Irrigation Systems." Agricultural Water Management, 2023.
4. Basso, B., Antle, J., 2020. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. Nat. Sustain 3, 254 – 256.
5. Zhu, S., Cui, N., Zhou, J., Xue, J., Wang, Z., Wu, Z., Wang, M., Deng, Q., 2023. Digital mapping of root-zone soil moisture using uav-based multispectral data in a kiwifruit orchard of northwest China. Remote Sens (Basel) 15, 646. <https://doi.org/10.3390/RS15030646>.

## СЕКЦИЯ 8. МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В САДОВОДСТВЕ

УДК 634.1: 631.171: : 005.584.1

### ЦИФРОВОЙ МОНИТОРИНГ ВЫРАЩИВАНИЯ ЯГОД

**Мешков Егор Константинович**, студент 2 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, meshkov-yegor@inbox.ru

**Научные руководители – Степанцевич Марина Николаевна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, stepancevich@rgau-msha.ru; **Водяников Владимир Тимофеевич** – д.э.н., профессор, профессор кафедры экономики и организации производства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, evhudyakova@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассматриваются научные основы разработки набора для мониторинга выращивания ягод с использованием цифровых технологий и компьютерного анализа изображений. Приводится классификация параметров растений и их практическое значение, описаны методы сбора и обработки данных для оперативного контроля состояния растений.*

***Ключевые слова:** мониторинг растений, цифровые технологии, агрономические индексы, метаданные съемки, ягоды, контроль состояния растений.*

Современное сельское хозяйство требует внедрения цифровых технологий для повышения точности и эффективности мониторинга состояния растений. Особенно актуален контроль за ягодными культурами, так как их продуктивность напрямую зависит от здоровья листовой массы, цвета и структуры растения [1]. Разработка специализированного набора для мониторинга позволяет стандартизировать сбор данных и снизить трудозатраты агрономов на визуальные осмотры.

Научная разработка параметров цифрового мониторинга ягодных растений обеспечивает основу для создания цифрового набора, который может применяться как в учебных, так и в производственных целях. Ключевыми элементами являются морфологические, цветочные, текстурные признаки, геометрические характеристики и агрегированные индексы состояния растений. Использование таких данных позволяет повысить точность агрономических решений и оптимизировать процесс выращивания ягод.

Для объективного контроля состояния растений используются параметры различных групп, объединяющих морфологические, цветочные и

текстурные характеристики, а также геометрические показатели и агрегированные индексы. Каждая группа параметров имеет практическое значение для агронома и позволяет выявлять отклонения на ранних стадиях (Таблица 1).

Таблица 1

**Параметры ягодных культур для мониторинга и их практическое значение**

<b>Группа параметров</b>	<b>Описание</b>	<b>Практическое значение для мониторинга</b>
Морфологические признаки	Площадь листовой пластины, длина и ширина листа, степень фрагментации контура	Позволяют отслеживать развитие растения, выявлять замедление роста или деформации структуры
Цветовые признаки	Средние и спектральные компоненты цвета (например, в моделях RGB и HSV), относительная яркость	Используются для оценки хлорофилла, выявления пожелтения, некроза или недостатка питания
Текстурные признаки	Микропаттерны поверхности листа, однородность, контраст, частотные компоненты	Позволяют выявлять ранние признаки заболеваний, не видимые в обычном цвете
Геометрические характеристики растения	Высота растения (по серии снимков), площадь кроны	Отражают динамику роста и биомассу
Агрегированные индексы	Индекс состояния (например, нормализованный уровень зелени), интегральные показатели признаков	Применяются для интерпретации результата в понятной для агронома форме
Метаданные съемки	Условия освещенности, положение камеры, время суток	Необходимы для корректной нормализации изображений и стабильности анализа

Для мониторинга выращивания ягод используют фото- и видеосъемку с последующей обработкой изображений с помощью компьютерного зрения [5].

Ключевые этапы мониторинга:

- Сбор данных – установка камер на постоянные позиции, обеспечение равномерного освещения, учет времени суток и погодных условий.
- Предобработка изображений – нормализация яркости, фильтрация шумов, коррекция цвета.
- Извлечение признаков – выделение морфологических контуров листьев, расчет цветовых индексов, анализ текстуры поверхности.
- Интерпретация данных – формирование агрегированных индексов состояния, отображение динамики роста и выявление отклонений.
- Применение стандартизированных методов позволяет получать воспроизводимые результаты и облегчает работу агронома при принятии управленческих решений [4].

Разрабатываемый набор для цифрового мониторинга выращивания ягод основанный прежде всего на технологиях искусственного интеллекта, интернета вещей, позволит:

- оперативно оценивать здоровье растений и выявлять стрессовые состояния;
- оптимизировать агротехнические мероприятия, корректируя полив, внесение удобрений и защиту от вредителей;
- использовать интегрированные цифровые показатели для научного анализа и прогнозирования урожайности [2].

Таким образом, внедрение набора для мониторинга ягод повышает эффективность производства и снижает вероятность ошибок при визуальном контроле. Прямой эффект от цифрового мониторинга рассчитать сложно, но по примеру других отраслей сельского хозяйства рост показателей рентабельности составит 20-40% [3].

#### Библиографический список

1. Концептуальные основы развития национальной инновационной системы России: структурно-технологическая модернизация отечественной экономики, социально-экономические и технологические факторы развития: монография / Ю. К. Бронская, А. С. Васильева, И. У. Гусманов [и др.]. – Самара: НИЦ ПНК, 2025. – 268 с. – ISBN 978-5-605-37342-1.

2. Технологии интернета вещей в кормопроизводстве и их эффективность / Е. В. Худякова, Х. К. Худякова, М. Н. Степанцевич [и др.] // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2021. – № 3. – С. 31-38. – DOI 10.31442/0235-2494-2021-0-3-31-38. – EDN DLLVJU.

3. Кушнарера, М. Н. К вопросу об определении эффекта от цифровизации сельского хозяйства (на примере внедрения цифровой платформы на агропродовольственном рынке РФ) / М. Н. Кушнарера // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 132-135. – EDN YVBFPP.

4. Кушнарера, М. Н. Информационный ресурс как основа управления эффективностью деятельности предприятий АПК / М. Н. Кушнарера // Доклады ТСХА: Сборник статей, Москва, 05–07 декабря 2017 года. Том Выпуск 290, Часть IV. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – С. 134-136. – EDN OTWEMD.

5. Искусственный интеллект в научно-техническом развитии сельского хозяйства / Н. П. Мишуров, В. Н. Кузьмин, О. А. Моторин [и др.] // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы XV Международной научно-практической конференции, р.п. Правдинский, Московская обл., 08 июня 2023 года. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. – С. 78-83. – EDN YVHGBC.

УДК 338.43: 004

## ERP-СИСТЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ СЕЛЬСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ

**Гребёнкин Александр Михайлович**, магистрант 1 курса института экономики и управления АПК РГАУ-МСХА им. Тимирязева К. А., ag18032003@mail.ru

**Жеребко Александр Олегович**, магистрант 1 курса института экономики и управления АПК РГАУ-МСХА им. Тимирязева К. А., a.zherebko@mcx.gov.ru

**Никаноров Михайл Сергеевич**, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, nikanorov@rgau-msha.ru

**Научные руководители – Степанцевич Марина Николаевна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, stepancevich@rgau-msha.ru; **Русakov Ярослав Евгеньевич**, ассистент кафедры экономической безопасности и права, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, y.rusakov@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В этой статье рассматривается вопрос о том, насколько эффективно применение ERP-систем в сфере управления сельским хозяйством. Авторы анализируют основные функции этих систем, такие как автоматизация учёта, прогнозирование урожайности, управление цепочками поставок, а также планирование и мониторинг ресурсов. Они отмечают, что внедрение ERP-технологий в сельское хозяйство способствует повышению эффективности управления, снижению затрат и улучшению качества принимаемых решений. В статье также приводятся примеры успешного использования ERP-систем в аграрной отрасли. На основе этих примеров выделяются ключевые факторы, способствующие успешной реализации этих технологий. Особое внимание уделяется тенденциям, связанным с переходом на современные информационные системы. В частности, отмечается необходимость масштабного обучения сотрудников и адаптации бизнес-процессов. В конце статьи обсуждаются перспективы использования ERP-систем в дальнейшем развитии сельского хозяйства. Подчёркивается их потенциал в условиях цифровизации агросектора.*

***Ключевые слова:** ERP-системы, управление сельским хозяйством, автоматизация учёта, прогнозирование урожайности, эффективность управления.*

В последнее время в аграрной сфере происходят видимые перемены, которые появляются в связи с тем, что стали больше использоваться информационные технологии. Так, одним из ключевых инструментов в этой области являются ERP-системы, которые используются в сельском хозяйстве

[1]. В этой статье детально рассматривается, как внедрение ERP-систем поможет изменить подход к управлению в отрасли.

Системы управления ресурсами (ER) – это комплексные платформы, которые объединяют в себе различные функции управления. Например, учёт, планирование, управление цепочками поставок и мониторинг ресурсов. Основная цель этих систем – автоматизировать рутинные процессы, что позволяет снизить влияние человеческого фактора и минимизировать вероятность ошибок в расчётах и учёте данных.

Отметим, что автоматизация учёта является одним из ключевых факторов успешного функционирования сельскохозяйственного предприятия, так как точная информация о запасах, урожайности и финансах служит основой для принятия верных и сбалансированных управленческих решений [3]. Одним из ключевых достоинств систем управления ресурсами предприятия (ERP) является их способность прогнозировать урожайность. С помощью современных технологий и алгоритмов эти системы могут анализировать данные за любой период, осуществлять факторный анализ и прогноз. Система учитывает множество параметров, таких как погодные условия, характеристики выращиваемых культур и методы использования ресурсов, что позволяет специалистам в области сельского хозяйства более точно планировать посевные работы и сбор урожая. В результате повышается эффективность работы предприятий, что влечет за собой увеличение прибыли [2].

Применение ERP-систем в сфере управления логистикой полностью трансформирует методы организации поставок. Это особенно актуально в условиях глобализации, когда конкуренция на рынке и снижение стоимости доставки становятся ключевыми факторами успеха компании. Современные ERP-системы предоставляют эффективные инструменты для мониторинга перемещения товаров и оптимизации поставок. Они позволяют существенно сократить издержки и оперативно реагировать на изменения рыночной конъюнктуры, что является фундаментом для успешной деятельности [4].

У внедрения ERP-систем в сельскохозяйственную отрасль много преимуществ для компаний. К сожалению, как и любое новое внедрение в бизнес связано с определенными трудностями. Важно обеспечить масштабное обучение персонала и адаптировать бизнес-процессы с учетом изменений [5]. Традиционные методы работы глубоко укоренились, и их трансформация требует времени и ресурсов. Успех внедрения ERP-систем зависит не только от самой технологии, но и от готовности организации к изменениям. Это предполагает активное участие сотрудников на всех уровнях.

При успешном применении ERP-систем в аграрном секторе можно достичь впечатляющих результатов. Некоторые компании, смогли значительно сократить время, необходимое для сбора и анализа информации, а также улучшить контроль над ресурсами и повысить качество принимаемых управленческих решений. Для эффективного внедрения этих технологий необходимо наличие квалифицированных специалистов, готовность к

инновациям и активное участие всех заинтересованных сторон в процессе преобразований [5].

В заключении хочется подчеркнуть: применение систем управления ресурсами предприятия (ERP) в сельском хозяйстве открывает широкие горизонты, особенно в эпоху цифровизации аграрной отрасли. Эти системы предоставляют новые инструменты для сельскохозяйственных компаний, позволяя им адаптироваться к быстро меняющимся рыночным условиям и эффективно использовать большие объёмы данных для управления бизнес-процессами. В условиях быстрых климатических и экономических изменений успешное внедрение таких технологий становится ключевым фактором конкурентоспособности и стабильного роста сельскохозяйственных предприятий. Таким образом, внедрение ERP-систем в сельское хозяйство – это не просто технологический прорыв, а стратегический шаг к более эффективному и рациональному использованию ресурсов.

#### Библиографический список

1. Концептуальные основы развития национальной инновационной системы России: структурно-технологическая модернизация отечественной экономики, социально-экономические и технологические факторы развития: монография / Ю. К. Бронская, А. С. Васильева, И. У. Гусманов [и др.]. – Самара: НИЦ ПНК, 2025. – 268 с. – ISBN 978-5-605-37342-1.

2. Кушнарера, М. Н. Методические особенности определения эффективности внедрения информационных технологий на предприятии / М. Н. Кушнарера // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – № 4. – С. 45-49.

3. Развитие цифровых компетенций специалистов агропромышленного комплекса на основе решений 1С / Е. В. Худякова, М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев, Т. Ф. Череватова // Актуальные вопросы социально-экономических, технических и естественных наук: Материалы Национальной (Всероссийской) научной конференции Института агроинженерии, Челябинск, 04–05 марта 2021 года. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2021. – С. 93-98.

4. Худякова, Е. В. К вопросу о методике оценки экономической эффективности внедрения цифровых инноваций в сельское хозяйство / Е. В. Худякова, М. С. Никаноров, М. Н. Степанцевич // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 2. – С. 37-44.

5. Худякова, Е. В. Кадровой потенциал АПК в условиях цифровой трансформации / Е. В. Худякова, М. И. Горбачев, М. Н. Кушнарера // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 февраля 2020 года / Под общей редакцией Д.В. Чистова. Том Часть 1. – Москва:

Общество с ограниченной ответственностью «1С-Публишинг», 2020. – С. 486-488.

УДК 634.1: 004.89

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЯГОД

**Ястреб Ростислав Сергеевич**, студент 1 курса магистратуры института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, [rostas.00945@gmail.com](mailto:rostas.00945@gmail.com)

**Гребёнкин Александр Михайлович**, студент 1 курса магистратуры института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. Тимирязева К. А., [ag18032003@mail.ru](mailto:ag18032003@mail.ru)

**Мешков Егор Константинович**, студент 2 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, [meshkov-yegor@inbox.ru](mailto:meshkov-yegor@inbox.ru)

**Научные руководители – Степанцевич Марина Николаевна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, [stepancevich@rgau-msha.ru](mailto:stepancevich@rgau-msha.ru); **Черятова Юлия Сергеевна**, к.б.н., доцент, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, [u.cheryatova@rgau-msha.ru](mailto:u.cheryatova@rgau-msha.ru)

***Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы внедрения современных интеллектуальных решений в ягодоводстве, включая технологии машинного обучения, интернета вещей (IoT), робототехники и других. Анализируется потенциал этих технологий для повышения урожайности, оптимизации использования ресурсов (воды, удобрений, энергии), а также снижения рисков, связанных с климатическими изменениями и болезнями растений в ягодоводстве. Особым вниманием наделяются перспективы развития точного земледелия, автоматизации процессов и расширения применения цифровых инструментов в российских условиях, а также анализируются перспективы повышения конкурентоспособности отечественного отраслевого производства на внутреннем и международном рынках за счет цифровизации.*

***Ключевые слова:** ягодоводство, интеллектуальные технологии, машинное обучение, технологии интернета вещей, робототехника, цифровизация АПК.*

В наши дни сельское хозяйство переживает эпоху интенсивных инноваций, и ягодоводство не является исключением. Внедрение технологий машинного обучения, интернета вещей, робототехники открывает новые горизонты для сельскохозяйственных предприятий, учебных и научных организаций [2]. В настоящее время все большее количество организаций осознает потенциал автоматизации производственных процессов

посредством внедрения робототехнических систем. Приобретение и интеграция роботизированных комплексов предоставляют предприятиям широкий спектр возможностей для повышения эффективности, оптимизации операционных затрат и улучшения качества продукции.

Современное ягодоводство сталкивается с необходимостью повышения эффективности производства в условиях изменяющегося климата, роста затрат на ресурсы и ужесточения требований к качеству продукции. Интеллектуальные решения, основанные на использовании цифровых технологий, позволяют перейти к предиктивному управлению агропроцессами и минимизировать влияние человеческого фактора [3]. Данные инновационные подходы позволяют более точно планировать время высадки, подкормки и уборки урожая, способствуя увеличению общего объема продукции и уменьшению потерь при хранении.

Технологии интернета вещей (IoT) обеспечивают сбор данных для мониторинга микроклимата и состояния почвы в режиме реального времени. Датчики влажности, температуры, освещенности и содержания питательных элементов передают данные на платформы управления бизнес-процессами, которые формируют рекомендации по поливу, внесению удобрений и регулированию условий в защищенном грунте [5].

Одним из ключевых направлений является применение методов машинного обучения для прогнозирования урожайности и диагностики заболеваний ягодных культур. Алгоритмы, обученные на данных мульти- и гиперспектральных снимков, способны идентифицировать начальные стадии поражения растений, что позволяет своевременно применять средства защиты и снижать потери [1].

Робототехнические системы начинают активно внедряться в процессы сбора ягод. Машины, оснащенные системами компьютерного зрения и манипуляторами, способны распознавать степень зрелости плодов и аккуратно осуществлять их сбор без повреждений, что особенно важно для культур с коротким сроком хранения.

Интеграция подобных систем способствует значительному повышению эффективности использования ресурсов, снижению затрат и минимизации рисков, связанных с ошибками при ручных измерениях.

Опыт реализации пилотных проектов, таких как система автоматического капельного орошения для малины и клубники на основе данных IoT-сенсоров, демонстрирует повышение урожайности на 15-20% и снижение расхода воды на 30%.

Таким образом, в результате внедрения современных цифровых решений сельскохозяйственные товаропроизводители получают возможность осуществлять управленческие функции с более высокой степенью детализации и эффективности, что, в свою очередь, приводит к оптимизации временных и трудовых ресурсов. Данный подход демонстрирует значительный потенциал для повышения рентабельности производственных затрат, что является ключевым фактором устойчивого

развития аграрного сектора экономики [4]. Внедрение интеллектуальных решений в яговодство способствует не только росту экономической эффективности, но и укреплению продовольственной безопасности за счет стабилизации производства и повышения качества продукции.

Такой прогрессивный подход помогает снизить зависимость от импортных технологий и обеспечить более устойчивое развитие отрасли, что особенно важно в условиях глобальных экономических и климатических вызовов. А в долгосрочной перспективе, применение интеллектуальных технологий призвано кардинально изменить традиционные методы ведения яговодства в России, сделав его более устойчивым, рентабельным и прогнозируемым.

#### Библиографический список

1. Искусственный интеллект в научно-техническом развитии сельского хозяйства / Н. П. Мишуров, В. Н. Кузьмин, О. А. Моторин [и др.] // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы XV Международной научно-практической конференции, р.п. Правдинский, Московская обл., 08 июня 2023 года. — Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. — С. 78–83. — EDN YBHGBC.

2. Концептуальные основы развития национальной инновационной системы России: структурно-технологическая модернизация отечественной экономики, социально-экономические и технологические факторы развития: монография / Ю. К. Бронская, А. С. Васильева, И. У. Гусманов [и др.]. — Самара: НИЦ ПНК, 2025. — 268 с. — ISBN 978-5-605-37342-1.

3. Развитие цифровых компетенций специалистов агропромышленного комплекса на основе решений 1С / Е. В. Худякова, М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев, Т. Ф. Череватова // Актуальные вопросы социально-экономических, технических и естественных наук: Материалы Национальной (Всероссийской) научной конференции Института агроинженерии, Челябинск, 04–05 марта 2021 года. — Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2021. — С. 93–98. — EDN XDGSEE.

4. Степанцевич, М. Н. Система прослеживаемости как инструмент обеспечения цифровой трансформации производственно-сбытовых цепочек в АПК / М. Н. Степанцевич // Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том ВЫПУСК 293 Часть II. — Москва: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. — С. 240–243. — EDN TSYABC.

5. Технологии интернета вещей в кормопроизводстве и их эффективность / // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. — 2021. — № 3. — С. 31–38. — DOI 10.31442/0235-2494-2021-0-3-31-38. — EDN DLLVJU.

## СЕКЦИЯ 9. СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ БАС

УДК 004.42

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ OPEN-SOURCE ПО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ

**Букреев Кирилл Денисович**, студент 3 курса института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, bukreev.kirill03@mail.ru

**Научные руководители – Гавриловская Надежда Владимировна**, к.т.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, gavrilovskayanv@rgau-msha.ru

**Мякшин Николай Александрович**, ассистент кафедры систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, miakshin\_na@rgau-msha.ru.

***Аннотация.** В статье рассматривается применение свободно распространяемого программного обеспечения OpenDronеMap для создания ортофотопланов из аэрофотоснимков сельскохозяйственных угодий. Описывается методика обработки данных в терминальном режиме с использованием Docker-контейнера, обеспечивающая геопривязку и воспроизводимость результатов.*

***Ключевые слова:** OpenDronеMap, ортофотоплан, дистанционное зондирование, беспилотные авиационные системы, цифровизация сельского хозяйства, open-source программное обеспечение, фотограмметрия, геопривязка, компьютерное зрение.*

В современных условиях автоматизация процессов обработки данных дистанционного зондирования становится все более актуальной, особенно в контексте развития цифровой трансформации сельскохозяйственного сектора. В рамках реализации федерального проекта «Кадры для беспилотных авиационных систем» государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» и решения инженерной задачи «Алгоритм автоматической классификации сельскохозяйственных земель по результатам аэрофотосъемки» была разработана методика создания ортофотопланов с использованием свободно распространяемого программного обеспечения. Данный метод совместим со стандартами AR и хорошо показал себя в качестве обучающего материала для всей команды [2]. Одним из ключевых инструментов в этом процессе стал

OpenDroneMap, представляющий собой мощную платформу для обработки аэрофотоснимков и получения геопривязанных растровых данных [4].

OpenDroneMap реализует полный цикл обработки аэрофотоснимков, начиная с выравнивания изображений и заканчивая созданием ортофотопланов, цифровых поверхностных моделей и трехмерных реконструкций. Архитектура программного комплекса позволяет эффективно использовать как локальные вычислительные ресурсы, так и распределенные вычисления. В основе алгоритмов лежат методы фотограмметрии, компьютерного зрения и машинного обучения, обеспечивающие высокую точность и надежность результатов. Особое внимание уделяется поддержке различных форматов данных и совместимости с геоинформационными системами [5].

В рамках проектной работы была реализована методика создания ортофотоплана из двадцати аэрофотоснимков, полученных в ходе аэросъемки сельскохозяйственных угодий. Обработка выполнялась в терминальном режиме с использованием Docker-контейнера, что позволило обеспечить воспроизводимость результатов и избежать проблем с зависимостями. Настройка параметров обработки включала: определение типа детектора признаков, алгоритма сопоставления, минимального количества признаков и разрешения ортофотоплана. Особое внимание уделялось геопривязке получаемых данных, что критически важно для последующей интеграции с геоинформационными системами.

Результаты обработки продемонстрировали высокую точность геопривязки и приемлемое качество ортофотоплана для задач классификации земельных угодий. Полученные данные использовались в дальнейшем для обучения нейронных сетей, предназначенных для автоматической классификации сельскохозяйственных земель. Применение OpenDroneMap в рамках проекта позволило сократить временные и финансовые затраты на создание ортофотопланов, при этом обеспечив необходимый уровень точности и качество данных. Использование open-source решений также способствует прозрачности процесса обработки и позволяет вносить модификации в алгоритмы в зависимости от специфики решаемых задач [3].

В современных условиях важным направлением развития цифровых решений становится их интеграция с популярными коммуникационными платформами. В рамках реализации проекта рассматривается возможность интеграции результатов обработки с Telegram-ботами в качестве фронтенда [1] для обеспечения удобного интерфейса взаимодействия с пользователем. Такой подход позволяет оперативно получать уведомления о завершении обработки, просматривать промежуточные и конечные результаты, а также запрашивать аналитические отчеты в автоматизированном режиме. Интеграция с мессенджером делает результаты научных разработок более доступными для широкого круга специалистов и позволяет внедрять автоматизированные системы уведомлений в повседневную практику сельскохозяйственных предприятий и государственных структур.

Экономическая эффективность применения свободно распространяемого программного обеспечения проявляется не только в отсутствии лицензионных платежей, но и в возможности адаптации под конкретные задачи без ограничений со стороны разработчика. В условиях ограниченного бюджета научных и образовательных учреждений это становится решающим фактором при выборе программных средств для обработки данных дистанционного зондирования. Полученные в ходе проекта результаты подтверждают перспективность использования open-source решений для решения задач, связанных с анализом сельскохозяйственных угодий и мониторингом земельных ресурсов.

#### Библиографический список

1. Мякшин, Н. А. Использование ботов в качестве front-end в разработке it-проектов в АПК / Н. А. Мякшин // Управление рисками в АПК. – 2024. – № S3(53). – С. 592-599. – EDN YLTQСX.
2. A Parallax Image Mosaic Method for Low Altitude Aerial Photography with Artifact and Distortion Suppression / J. Xu, D. Zhao, Zh. Ren [et al.] // Journal of Imaging. – 2023. – Vol. 9, No. 1. – P. 5. – DOI 10.3390/jimaging9010005. – EDN FUBSUH.
3. Gbagir, A. M. G. OpenDroneMap: Multi-Platform Performance Analysis / A. M. G. Gbagir, K. Ek, A. Colpaert // Geographies. – 2023. – Vol. 3, No. 3. – P. 446-458. – DOI 10.3390/geographies3030023. – EDN CIVJGK.
4. OpenDroneMap page [Электронный ресурс]. URL: <http://opendronemap.org/>.
5. The usage of augmented reality technology tools as an important condition for the training of specialists in the field of culture / D. A. Shabalina, E. V. Soboleva, Z. V. Shilova [et al.] // Perspectives of Science and Education. – 2023. – No. 1(61). – P. 537-553. – DOI 10.32744/pse.2023.1.32. – EDN RPETWJ.

УДК 623.746.4-519 : 629.7.072

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ НАБОРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Мешков Егор Константинович**, студент 2 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, meshkov-yegor@inbox.ru

**Научный руководитель – Степанцевич Марина Николаевна** – к.э.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, stepancevich@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассматриваются научные основы проектирования учебного набора для обучения эксплуатации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Приведён анализ применяемых материалов и конструктивных решений, обоснована ориентация винтов вниз для снижения аэродинамического сопротивления. Представлены перспективы использования инженерных пластиков ASA Aero и ABS-CF при изготовлении корпуса, а также возможность адаптации комплекта под образовательные учреждения различного уровня.*

***Ключевые слова:** БПЛА, учебный набор, аддитивные технологии, ABS-CF, ASA Aero, аэродинамика, образовательная робототехника, конструирование, прочность, ремонтпригодность.*

В ходе проведённого исследования, основанного на методологии *Customer Development* и анализе пользовательского опыта, было установлено, что существующие учебные комплекты для освоения навыков эксплуатации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) обладают рядом существенных недостатков [1]. К ним относятся высокая стоимость, низкая ремонтпригодность, ограниченный срок службы, сложность сборки, а также недостаточный уровень эксплуатационной безопасности. Указанные факторы препятствуют эффективному внедрению подобных наборов в образовательный процесс и сдерживают развитие практической подготовки специалистов в области беспилотных систем [3, 4].

Что касается конструктивного решения рамы, то проектирование рамы являлось ключевым этапом разработки учебного набора. Основная задача заключалась в обеспечении оптимального соотношения массы и прочности конструкции, так как снижение массы напрямую влияет на время полёта и манёвренность аппарата, а избыточное облегчение приводит к уменьшению жёсткости и снижению устойчивости к ударным нагрузкам.

Для повышения эксплуатационной надёжности и безопасности было принято решение реализовать раму с закрытыми пропеллерами, что снижает

риск травм при обучении и защищает элементы конструкции от механических повреждений. Электронные компоненты размещены внутри корпуса, что повышает их сохранность. В нижней части дрона установлены амортизирующие опоры из эластомера, обеспечивающие поглощение ударов при посадке. Для повышения пространственной жёсткости в конструкцию введены периметральные утолщения, препятствующие деформации и переворачиванию аппарата при контакте с поверхностью.

Для выбора материала рамы был проведён анализ современных инженерных термопластов, применяемых в аддитивных технологиях, с учётом их механических свойств, массы и устойчивости к внешним воздействиям. Основными критериями являлись: предел прочности при изгибе, ударная вязкость, термостойкость, плотность, а также стабильность размеров при печати.

На ранних этапах испытаний в качестве базового материала использовался PETG – за счёт его технологичности и простоты печати. Однако последующие тесты показали, что этот материал обладает избыточной плотностью и сравнительно низкой жёсткостью при динамических нагрузках. Кроме того, при повышении температуры эксплуатации PETG демонстрирует склонность к деформации, что делает его малоприменимым для долговременного применения в конструкциях летательных аппаратов.

В связи с этим основное внимание было уделено инженерным полимерам на основе ABS и ASA, а также их композитным модификациям с углеродным наполнением (ABS-CF, ASA Aero). Планируется, что дальнейшие исследования будут сосредоточены именно на данных материалах, поскольку они обеспечивают оптимальный баланс между массой, жёсткостью и долговечностью, что особенно важно для учебных дронов, подвергающихся частым падениям и нагрузкам. В ходе следующих этапов разработки предполагается проведение серии механических испытаний образцов из ABS-CF и ASA Aero для оценки их эффективности в условиях циклических нагрузок.

Что касается аэродинамических особенностей конструкции, то в процессе проектирования проводился анализ аэродинамического взаимодействия потока воздуха с элементами корпуса. Из-за наличия защитных кожухов вокруг пропеллеров в конструкции наблюдается увеличение аэродинамического сопротивления, что потенциально снижает эффективность винтовой группы и общую энергоэффективность аппарата.

С целью минимизации потерь было экспериментально подтверждено, что расположение винтов с направлением потока вниз является наиболее рациональным с точки зрения аэродинамики. При таком расположении воздушный поток, создаваемый винтами, огибает элементы защиты более равномерно, снижая турбулентные завихрения и потери давления. Это способствует уменьшению общего сопротивления воздуха, повышению коэффициента полезного действия винтов и увеличению продолжительности полёта без роста энергопотребления. Таким образом, ориентация винтов вниз

позволяет компенсировать аэродинамические потери, вызванные защитными элементами, при сохранении высокого уровня безопасности обучающихся.

Выбор электронной компоненты БПЛА проводился с учётом надёжности, доступности и возможности быстрой замены элементов в учебных условиях. Основными критериями отбора являлись устойчивость к перегреву, совместимость с различными контроллерами и стабильность работы при незначительных вибрациях. Используемая электроника включает контроллеры полёта с открытой архитектурой, обеспечивающие возможность обновления прошивок и адаптации под различные задачи. Электронные компоненты подобраны с запасом по мощности, что увеличивает срок эксплуатации. Компоновка проводки и разъёмов выполнена так, чтобы максимально минимизировать время на обслуживание.

Таким образом, за счет проработки технологических основ разработки учебный набор включает полный комплект деталей и методических материалов, необходимых для самостоятельной сборки и эксплуатации БПЛА. Применение подобных учебных решений способствует формированию цифровых и инженерных компетенций у обучающихся, что соответствует современным требованиям к подготовке кадров в условиях цифровой трансформации образования [2, 5].

#### Библиографический список

1. Концептуальные основы развития национальной инновационной системы России: структурно-технологическая модернизация отечественной экономики, социально-экономические и технологические факторы развития: монография / Ю. К. Бронская, А. С. Васильева, И. У. Гусманов [и др.]. – Самара: НИЦ ПНК, 2025. – 268 с. – ISBN 978-5-605-37342-1.

2. Кушнарера, М. Н. Методические особенности определения эффективности внедрения информационных технологий на предприятии / М. Н. Кушнарера // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – № 4. – С. 45-49. – EDN XR1HRH.

3. Степанцевич, М. Н. Этапы цифровизации системы подготовки аграрных специалистов / М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев, И. А. Кудинов // Аграрная наука – 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1750-1752.

4. Степанцевич, М. Н. Этапы цифровизации системы подготовки аграрных специалистов / М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев, И. А. Кудинов // Аграрная наука – 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1750-1752. – EDN QXDUIN.

5. Худякова, Е. В. Кадровой потенциал АПК в условиях цифровой трансформации / Е. В. Худякова, М. И. Горбачев, М. Н. Кушнарера // Новые

информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 февраля 2020 года / Под общей редакцией Д.В. Чистова. Том Часть 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «1С-Публишинг», 2020. – С. 486-488.

УДК 631.3

## СИСТЕМЫ ОПРЫСКИВАНИЯ ДЛЯ АГРОДРОНОВ

**Пустобаев Леонид Алексеевич**, аспирант 1 курса Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, l.pustobaev@rgau-msha.ru

**Научный руководитель - Федоткин Роман Сергеевич**, к.т.н., доцент кафедры тракторов и автомобилей, Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, fedotkin@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассмотрены инженерные решения по созданию сменных распылительных модулей и узлов крепления форсунок для сельскохозяйственных беспилотников (агродронов), в частности на примере моделей DJI Agras. Описаны схемы быстросъёмных соединений для установки жидкостных и гранулированных модулей на различные дроны (DJI, XAG и др.), обоснована необходимость модернизации новых моделей (которым потребовались отдельно приобретаемые компоненты), объяснён принцип работы разработанного универсального модуля и его отличия от штатных (включая демпфирующие элементы и стандартизированные разъёмы). Уделено внимание настройкам полётных параметров (объём и размер капель, скорость и высота полёта) для минимизации дрейфа и влияния ветра на качество обработки. Предложены иллюстрации типов конструкций дронов с модулями и вариантов креплений форсунок.*

***Ключевые слова:** беспилотная техника, сельское хозяйство, агродрон, модуль распыления, сменное оборудование, крепление форсунок, DJI, XAG, настройка распыления, ветер.*

Агродроны позволяют точно вносить пестициды и удобрения, повышая эффективность обработки по сравнению с наземной техникой. Для жидких СЗР и гранул обычно требуются разные навесные модули, поэтому универсальная модульная система делает один дрон многофункциональным. Ещё в 2000-х Yamaha RMAX успешно применял сменные баки, что подтверждает важность продуманного узла крепления [4].

Современные производители используют аналогичные решения. Компания XAG разработала P100 с разделяемой конструкцией: летательная платформа отделена от модуля опрыскивателя или гранулятора, что позволяет быстро менять навесное оборудование. DJI Agras T20–T40 также поддерживают замену жидкостного бака на модуль для гранул, при этом центр тяжести и настройки полёта автоматически корректируются. Унифицированные интерфейсы позволяют устанавливать различные полезные нагрузки на одни и те же крепления, рассчитанные на значительные

динамические нагрузки [1, 2].

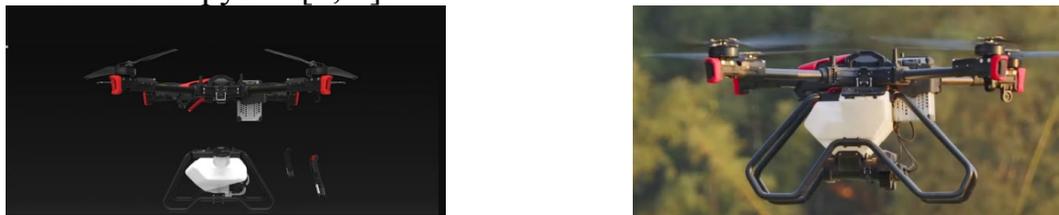


Рисунок 1 – Конструкция дрона XAG P100 с отделяемым полётным модулем и навесным баком-опрыскивателем

Для некоторых моделей DJI разработаны дополнительные комплекты — например, Orchard Spray Package для T30, компенсирующий отсутствие специализированных садовых насадок. Новые версии (T25P, T30P) уже ориентированы на узкие посадки, но более компактные агрегаты требуют внешних адаптеров. Таким образом, гибкость обеспечивается за счёт съёмных баков, адаптеров и дополнительных штанг, позволяющих быстро менять режим работы [3].



Рисунок 2 – Внешний вид квадрокоптера DJI серии Agras:  
а) – Агродрон Agras T40; б) – съёмный бак Agras T40

Разработанный модуль представляет собой универсальный съёмный блок, который может работать как жидкостный распылитель или как гранулятор. В конструкции применены демпфирующие элементы для снижения вибраций форсунок и насоса. Питание и управление подключаются через быстроразъёмный разъём с автоматической идентификацией модуля - аналогично DJI Payload SDK. После установки дрон ограничивает углы наклона и перенастраивает работу насоса в соответствии с типом вещества [5].

Качество покрытия зависит от размера капель, скорости и высоты полёта. При ветре рекомендуется увеличивать размер капли и уменьшать скорость, а при скорости ветра свыше 5 м/с опрыскивание не проводят. Оптимальными считаются условия до 3 м/с. Современные дроны оснащаются датчиками ветра, расходомерами и GPS-RTK, что помогает автоматически контролировать параметры и повышать безопасность.

Модульный подход доказал свою эффективность: один дрон способен выполнять несколько агротехнологических операций без ухудшения стабильности и без покупки отдельных специализированных аппаратов. Использование сменных баков, грануляторов и адаптеров снижает расходы и повышает гибкость сельхозпроизводства, обеспечивая более точное,

безопасное и экономичное внесение препаратов.

Библиографический список:

1. Искусственный интеллект в системе агродронов / Р. С. Федоткин, В. А. Крючков, К. В. Пихаленко [и др.] // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22–23 января 2025 года. – Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 355-361.
2. Пихаленко, К. В. Польза применения дронов с помощью системы «рой» в рамках российского агропромышленного комплекса / К. В. Пихаленко, А. Ю. Федоров, И. С. Ефимович // Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024 : СБОРНИК ТРУДОВ, приуроченных к Международной научно-практической студенческой конференции, Москва, 20 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 294-298.
3. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – Москва : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1. – EDN RSFSFK.
4. Транспорт в агропромышленном комплексе : Учебник / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. А. Солнцев [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 474 с.
5. Федоткина, Д. С. Особенности применения беспилотного транспортного средства в логистике сельскохозяйственного производства / Д. С. Федоткина // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей научно-практической конференции, посвященный 90-летию Шарова Николая Михайловича, Москва, 23–24 октября 2024 года. – Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 418-424. – EDN XFESJS.

## СЕКЦИЯ 10. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ АПК В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ (VR/AR)

УДК 631.34

### ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ»

**Зунин Алексей Андреевич**, студент, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, alexey.ac3342@gmail.com

**Научный руководитель – Балабанов Виктор Иванович**, д.т.н., профессор, и.о. заведующего кафедрой сельскохозяйственного строительства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, vbalabanov@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные вопросы внедрения технологий виртуальной реальности (VR) в учебный процесс высших учебных заведений, готовящих специалистов в области гидромелиорации. Проанализированы дидактические возможности VR-технологий для формирования профессиональных компетенций, сложности традиционных методов обучения и потенциальные преимущества иммерсивного подхода. Представлена классификация VR-программ, применимых в данной предметной области, и методика их интеграции в образовательный процесс. Делается вывод о значительном повышении наглядности, безопасности и эффективности обучения при использовании виртуальных симуляторов и моделей.*

***Ключевые слова:** виртуальная реальность, высшее образование, гидромелиорация, учебный процесс, инженерная подготовка, иммерсивное обучение, симулятор.*

Введение:

Современная гидромелиоративная отрасль требует от выпускников не только теоретических знаний, но и умения действовать в сложных, а порой и опасных условиях. Классические методы обучения (лекции, практики) часто не справляются с этой задачей из-за дороговизны оборудования, сезонности работ, рисков на реальных объектах и невозможности безопасного моделирования чрезвычайных ситуаций.

Технологии VR открывают новый подход к обучению, позволяя создавать безопасные и контролируемые цифровые копии реальных объектов. Это даёт студентам возможность отрабатывать практические навыки в условиях, максимально приближенных к профессиональным. Цель статьи — проанализировать обучающий потенциал VR и предложить модель её

внедрения в учебный процесс по направлению «Техника и технологии гидромелиоративных работ».

#### 1. Дидактический потенциал VR-технологий в инженерной подготовке

Виртуальная реальность обладает рядом уникальных характеристик, которые делают ее мощным образовательным инструментом:

- Иммерсивность и наглядность. VR обеспечивает эффект присутствия, перенося пользователя внутрь изучаемого объекта – будь то гидроузел, оросительный канал или дренажная система. Это позволяет сформировать целостное пространственное представление, которое трудно достичь с помощью чертежей или 3D-моделей на мониторе.
- Интерактивность. Студент не пассивный наблюдатель, а активный участник процесса. Он может взаимодействовать с виртуальными объектами: открывать и закрывать затворы, управлять насосными станциями, производить замеры параметров, собирать и разбирать механизмы.
- Безопасность. В виртуальной среде можно без риска для жизни и здоровья отрабатывать действия в аварийных ситуациях, анализировать их последствия и вырабатывать алгоритмы правильного поведения.
- Экономическая эффективность. Хотя разработка VR-контента требует первоначальных инвестиций, она многократно окупается за счет снижения затрат на эксплуатацию реальной техники, организацию выездов на удаленные объекты и приобретение дорогостоящих материальных макетов.

#### 2. Классификация VR-программ для гидромелиоративного образования

Для целей обучения можно выделить несколько типов VR-приложений:

- Виртуальные лабораторные практикумы. Моделируют проведение экспериментов и исследований. Например, программа для определения фильтрационных характеристик грунта в виртуальной почвенной лаборатории или для анализа качества воды.
- Интерактивные 3D-модели мелиоративных систем и сооружений. Позволяют изучать устройство и принцип работы гидротехнических сооружений в разрезе, с возможностью осмотра конструкции и получения справок по каждому элементу.
- Симуляторы техники и технологических процессов. Позволяют отрабатывать навыки управления специализированной мелиоративной техникой: каналокопателями, дреноукладчиками, машинами для закрытого орошения. Студент может виртуально выполнить весь цикл работ – от планировки участка до укладки дренажных труб.

- Тренажеры принятия управленческих решений. Создают динамические сценарии, где студент выступает в роли инженера-мелиоратора. Он должен, основываясь на поступающих данных (уровень воды, прогноз погоды, состояние сооружений), принимать решения о режиме орошения, сбросе воды и т.д., наблюдая за долгосрочными последствиями своих действий в ускоренном времени.
- Виртуальные экскурсии и полевые практики. Обеспечивают доступ к уникальным или труднодоступным объектам мелиоративного комплекса в любое время года.

### 3. Методика интеграции VR-программ в учебный процесс

- Внедрение VR-технологий не должно подменять собой традиционные формы обучения, а должно органично встраиваться в них, формируя единую образовательную экосистему. Предлагается следующая модель интеграции:
  - Подготовительный этап (лекционный). Студенты получают теоретическую базу на лекциях и семинарах.
  - Виртуально-практический этап. Полученные знания закрепляются и углубляются в VR-среде. Например, после лекции по устройству дренажных систем студенты в виртуальной реальности исследуют 3D-модель дренажа, а затем выполняют задание по виртуальной укладке дрен на заданном участке с учетом рельефа и грунтовых условий.
  - Аналитический этап. После работы в VR проводится совместный разбор действий студентов, анализируются ошибки, обсуждаются альтернативные решения. Это может проходить в форме групповой дискуссии.

#### Заключение:

VR-симуляторы в образовании гидромелиораторов формируют не только знания, но и практические навыки, критическое мышление и умение действовать в нестандартных ситуациях. При грамотном сочетании с традиционным обучением VR становится мощным катализатором подготовки высококвалифицированных специалистов. Перспективные направления исследований — разработка стандартизированного контента, междисциплинарных курсов и оценка долгосрочного эффекта такого обучения.

#### Библиографический список

1. Балабанов В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. [Учебное пособие]. / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 143 с.

2. Боков А.В., Семенова И.М. Виртуальные тренажеры в практической подготовке студентов аграрных вузов по направлению «Природообустройство и водопользование» // Аграрное образование и наука. – 2021. – № 4. – С. 18-25.

3. Денисова М.В., Лаптева Е.Н. Опыт применения технологий виртуальной реальности в обучении аграрных специальностей: инновационные подходы. - Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. – 150 с.

4. Лаврова М.А., Степанова О.В. Обучение студентов мелиоративным работам с использованием технологий виртуальной реальности: практический опыт. - Волгоград: Издательство ВолГУ, 2022. – 88 с.

5. Пятибрат М.А., Балабанов В.И. Симулятор виртуальной реальности мелиоративных работ / Наука в Центральной России, № 3 (63). 2023. С. 118-130.

УДК 629.3.082.3

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ**

**Крышмар Максим Денисович**, студент 3 курса института механики и энергетики имени В. П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, Mr.EvoMax@gmail.com

**Научный руководитель – Фомин Александр Юрьевич**, к.т.н., доцент, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, a.fomin@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Представлен подход оптимизации технологических процессов ремонта двигателей автомобилей, на основе оценки их технического состояния, с применением интеллектуальных систем. Также предложена архитектура системы, которая включает в себя: сбор данных, диагностику, прогнозирование и поэтапное планирование ремонтных операций.*

***Ключевые слова.** технологические процессы, моделирование, техническое состояние, двигатели автомобилей, диагностика, интеллектуальные системы*

Современная автомобильная промышленность требует все более высокие требования к надежности, экологичности и экономичности автомобильной техники.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) по-прежнему остается одним из важных компонентов автомобиля. Традиционные методы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) двигателей, использующие планово-предупредительную систему (ППР), не учитывают фактическое состояние агрегата, что приводит к нерациональному использованию ресурсов и риску непредвиденного отказа техники.

Ремонт двигателей автомобилей, по техническому состоянию, представляет собой более современный подход, позволяющий проводить (ТОиР) на основе фактического состояния. Однако, реализация и внедрение RCM, требует интеллектуальной поддержки, способной анализировать большие объемы данных.

Существует несколько методов диагностики двигателей, их можно разделить на следующие категории: визуальный осмотр, компьютерная диагностика, инструментальная диагностика. Каждый из представленных методов, имеет как свои преимущества, так и недостатки, актуальность и стоимость. Наиболее перспективным на данный момент, является применение

сенсорных сетей, встраиваемые в бортовые компьютеры автомобиля, для непрерывного отслеживания технического состояния.

Архитектура предлагаемой Интеллектуальной системы состоит из следующих модулей:

- Модуль сбора данных: собирает доступные данные о техническом состоянии двигателя из различных систем (датчики, бортовой компьютер, журналы ремонтов, данные о пробеге и условиях эксплуатации техники)
- Модуль первичной обработки данных: преобразует данные для подготовки к анализу.
- Модуль прогнозирования технического состояния: применяет методы машинного обучения для прогнозирования остаточного ресурса двигателя и выявления потенциальных неисправностей
- Экспертная система: основе базы данных, выводит рекомендации по исправлению неисправностей и обслуживанию
- Модуль оптимизации: подбирает наиболее эффективную стратегию ремонта, минимизирующую затраты
- Модуль визуализации и отчетности: предоставляет информацию о текущем состоянии двигателя, возможных неисправностях, рекомендованных ремонтных работах и экономической эффективности.

Выбор алгоритмов машинного обучения.

Для прогнозирования остаточного ресурса двигателя и выявления необходимых неисправностей, были подобраны следующие алгоритмы машинного обучения:

- Регрессионные модели: Gradient Boosting Regression, Linear Regression
- Модели классификации: Logistic Regression, Support Vector Machine

Выбор обусловлен тем, что данные алгоритмы способны обрабатывать данные из различных источников, а также интерпретировать результаты.

Работа предлагаемой интеллектуальной системы осуществляется через диагностический разъем OBD II установленный на автомобилях с завода изготовителя. Диагностика и предсказание выполняется через датчики, установленные на автомобиль по таким пунктам как: Мониторинг, Сбор, Передача, Анализ и оценка, Прогноз обслуживания, Уведомление механика. Данная интеллектуальная система позволит своевременно контролировать состояние система автомобиля, отслеживать режим работы транспортных средств и эксплуатационные параметры.

За счёт применения данной технологии, возможно увеличение срока службы автомобиля. Это достигается при помощи следующих факторов:

- Интеллектуальная система собирает данные о работе двигателя, что позволяет предотвратить возможные неисправности системы или найти уже имеющиеся поломки.
- За счет использования более точного и оптимального управления, интеллектуальная система способствует продлению срока службы двигателя.

- Применение датчиков сбора информации по системе автомобиля, позволяет дистанционно и своевременно устранить неисправность, что даёт возможность не получить максимальный износ автомобиля. И продлевает его срок эксплуатации.

Внедрение интеллектуальных систем, позволяет оптимизировать ремонт и обслуживание автомобиля. Снизить расходы на диагностику и ремонт автотранспортных средств. А также систематизировать работу систем автомобиля.

#### Библиографический список

1. Голубев, И.Г. Модернизация технологических машин как механизм продления назначенных ресурса и срока службы / И. Г. Голубев, Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, А. Ю. Фомин // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 1. – С. 36-41. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-1-36-41. – EDN OLAGTY.

2. Зеркин, Д. Г. Совершенствование системы подготовки водителей транспортного средства / Д. Г. Зеркин, А. Ю. Фомин, В. В. Эйсмунт // Научные исследования и современное образование: сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 13 марта 2020 года / ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»; Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова; Кыргызский экономический университет им. М. Рыскулбекова; ЦНС «Интерактив плюс». – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью "Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс", 2020. – С. 44-49. – EDN UHNGWO.

3. Патент № 2652696 С2 Российская Федерация, МПК G09B 9/02. Имитатор дорожный тренажёра транспортного средства: № 2016103413: заявл. 02.02.2016: опубл. 28.04.2018 / Н. Л. Пузевич, С. С. Волков, А. А. Слободян [и др.]; заявитель Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова", Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство обороны Российской Федерации. – EDN JJGKQH.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619378 Российская Федерация. Программа оценки эффективности инвестиционных проектов (program for evaluating the effectiveness of investment projects): № 2021618207: заявл. 25.05.2021: опубл. 08.06.2021 / М. С. Юматов, Я. Г. Рашин, А. А. Ключин [и др.]; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный университет» Министерства обороны Российской Федерации. – EDN RMHRZN.

5. Юматов, М. С. Оценка вероятности достижения целевых показателей государственных программ в области обороны / М. С. Юматов, А. Ю. Фомин // Вестник МГЭИ (on line). – 2022. – № 1. – С. 157-167. – DOI 10.37691/2619-0265-2022-0-1-157-167. – EDN YWWOTA.

УДК 004.94

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ AR ТЕХНОЛОГИЙ В АПК

**Мельников Владимир Дмитриевич**, соискатель кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, volmelmir@gmail.com

**Научный руководитель – Апатенко Алексей Сергеевич**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, a.apatenko@rgau-msha.ru

***Аннотация:** Проведено исследование, в котором представлены основные тенденции развития AR технологий в сельском хозяйстве, и как это может помочь в оптимизации и повышении качества работы АПК.*

***Ключевые слова:** AR технологии, оптимизация, производительность, дополненная реальность.*

Технологии дополненной реальности (AR) в сельском хозяйстве, имеют большой потенциал на преобразование подходов к земледелию и животноводству. Они переходят из стадии концепта в реальные продукты и проекты. Например, Plant Vision — это проект, который работает с искусственным интеллектом, обрабатывает данные с камер, получает информацию о состоянии растений с датчиков, передает полученные данные на очки дополненной реальности, которые отображают зоны, нуждающиеся во вмешательстве работника. AR-очки помогают в диагностике состояния растения, могут предположить заболевания и методы решения проблемы. В итоге мы получаем не только точную инструкцию маршрута следования, но и помощь в диагностике, что снижает затрачиваемое время и повышает качество выполнения работы. Отсюда следует увеличение производительности, оно идёт от сокращения числа ошибок и повышении скорости принятия верного решения.

Так же зная точные зоны поражения сельскохозяйственных угодий, работник вносит точное количество удобрений и пестицидов, по их необходимости, из чего следует повышение экономичности.

По данным компаний McKinsey, Gartner и PwC, цифровая трансформация АПК с внедрением интернета вещей повышает производительность ферм на 15-25%. Из исследования «Министерства сельского хозяйства США», точное земледелие, которое становится легко реализуемым при помощи AR технологий, повышает эффективность использования ресурсов ~10-20%. Исследование, опубликованное в журнале «Computers and Electronics in Agriculture», показывает, что раннее выявление заболеваний при помощи «компьютерного зрения» может снизить потери урожая на ~30-50% по сравнению со средними значениями потерь при

использовании визуального осмотра. Точных цифр на сегодняшний день нет, технология не распространена, используется недавно, но однозначно можно утверждать, о положительных результатах внедрения AR технологий в АПК.

AR и GPS технологии вместе делают возможным использовать беспилотную сельскохозяйственную технику. Процент перекрытий, при ручном вождении по статистике составляет 5-10%. При точном вождении беспилотника и помощи искусственного интеллекта, этот процент можно существенно снизить, (около 40 гектар возделываются более продуктивно).

Таблица 1

### Оптимизация расходов ресурсов в год, из расчёта на 1000 га.

Ресурс	Факторы, сказывающиеся на оптимизации	Примерное количество сэкономленного ресурса в год
Топливо (дизель)	Снижение перекрытий и оптимизация маршрута движения сокращают непроизводительный пробег и работу двигателя.	~ 150 литров
Семена	Идеально прямолинейное движение и отсутствие пропусков/двойных севов позволяют вносить семена с точной нормой высева.	~ 3 тонны (зависит от культуры, данный расчёт произведён для пшеницы)
Удобрения и СЗР	Точное вождение исключает перекрытие при внесении, что предотвращает двойную дозу на одних участках и пропуски на других.	~ 2,25 тонны
Время работы	Автопилот позволяет работать на более высоких стабильных скоростях, в том числе ночью, технически возможной становится работа в условиях недостаточной видимости.	Повышение производительности на ~ 20%

Топливные расходы, возьмём площадь в 1000 га, средний расход топлива трактора 10 л/час, общее время работы 200 часов (среднее время наработки на тракторе в год).

Общий расход топлива:  $200 \text{ ч} * 10 \text{ л/ч} = 2000 \text{ литров}$ .

Исследования от компании, Cognitive Pilot заявляют об экономии топлива в 5-10% за счет устранения перекрытий и оптимизации маршрута.

5% от 2000 литров = 100 л.

10% от 2000 литров = 200 л.

Расходы семян, будем использовать озимую пшеницу, норма высева - 200 кг/га, общий объем семян:  $1000 \text{ га} * 200 \text{ кг/га} = 200\,000 \text{ кг}$  (200 тонн).

За счет идеально ровных стыков и отсутствия пропусков/двойных севов экономия составляет примерно 1-2% от общего объема.

1% от 200 тонн = 2 тонны.

2% от 200 тонн = 4 тонны.

В среднем 3 тонны.

Расчёт удобрения и СЗР расчёт аналогичен экономии семян. Перекрытия при внесении удобрений могут достигать 5-10%. Автопилот сводит их к минимуму. Возьмём наименее позитивный прогноз из реального опыта АПК – 2-4% от физического веса вносимых материалов.

Итого ~1.5 - 3 тонны.

Важно отметить, что лишь приблизительные, они показывают положительную тенденцию при идеальных условиях настроенного оборудования и квалифицированного персонала. Человеческий фактор в контексте AR технологий один из главных рисков:

1. Необходимо обучение персонала для эффективной работы системы, данное повышение квалификации несёт риск снижения получения личного агрономического опыта, при завершении обучения и первичном опыте использования AR технологий при работе, сотрудники будут менее продуктивны, так как столкнутся с проблемой восприятия нового формата работы.

2. Повышение утомляемости при использовании устройств относящийся к AR технологиям. Потеря бдительности при работе, расфокусировка внимания в опасных условиях, например при работе с техникой или рядом с ней.

Изложенное выше реализуемо уже сегодня, но подобные технологии требуют высоких затрат на их реализацию. Большие затраты способна компенсировать комплексная интеграция всех перечисленных технологий, что позволит сильно оптимизировать процессы, производительность, увеличить количество продукции, улучшить условия труда. Однозначно можно сказать, что AR технологии способствуют тенденции повышения качества и экономии при работе их внедрении совместно с искусственным интеллектом, GPS и т.д.

#### Библиографический список

1. Союз Машиностроителей России: [видеоряд] / Репортаж с форума «Инженеры будущего».
2. Россельмаш: [сайт]. – URL: <https://rostselmash.com/> (дата обращения: 07.07.2025). – Текст: электронный.
3. «IKSAR» : [сайт]. – URL: <https://iksar.pro/tpost/d11jmr4l2l-ar-v-buduschem-selskogo-hozyaistva> (дата обращения: 07.07.2025). – Текст : электронный.
4. Министерство сельского хозяйства США: [сайт]. – URL: <https://www.usda.gov/> (дата обращения: 05.07.2025). Текст : электронный.
5. Computers and Electronics in Agriculture : [сайт]. – URL: <https://dl.acm.org/journal/coea?cookieSet=1> (дата обращения: 06.07.2025). – Текст – электронный.

## СЕКЦИЯ 11. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 631.55.03

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МЯГКОЙ РОБОТОТЕХНИКИ ДЛЯ СБОРА ТОМАТОВ В ТЕПЛИЦАХ

**Панов Валентин Сергеевич**, аспирант 1 года обучения института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, v.panov@rgau-msha.ru

**Научный руководитель – Шабает Евгений Адимович**, к.т.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, e.shabaev@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы применения мягких робототехнических систем в тепличном производстве. Проанализировано взаимодействие пневматических захватов с плодами томатов на основе их физико-механических свойств. Представлены допустимые диапазоны усилий для работы с плодами различных сельскохозяйственных культур. Отражены возможности применения сверточных нейронных сетей YOLOv8, YOLOv11, U-Net, DeepLabv3+ с алгоритмами машинного зрения, которые могут обеспечить автономное управление захватным устройством. Отмечена важная роль мягкой робототехники в основе интеллектуальных аграрных систем нового поколения, способных адаптироваться к биологическим особенностям растений.*

***Ключевые слова:** тепличное хозяйство, мягкая робототехника, поворотный актуатор, усилие захвата, машинное зрение, цифровое моделирование.*

Тепличное растениеводство требует высокой точности и бережности при обращении с растениями и их плодами. Автоматизация сбора урожая является одной из наиболее сложных задач тепличного производства из-за физических качеств плодов и неоднородности их форм. Жесткие механические захваты зачастую не могут обеспечить требуемого уровня деликатности. Например, уже при усилии более 0,3 МПа повреждается кожура томата, а при радиальной деформации свыше 15 % – разрушается его мякоть.

Мягкая робототехника позволяет решить данную проблему благодаря использованию эластичных конструкций, способных равномерно распределять давление и подстраиваться под форму плода. Такие системы, в связке с алгоритмами компьютерного зрения и цифровым управлением, могут послужить основой интеллектуальных тепличных комплексов.

Мягкий захват состоит из 2-4 пневматических модулей пальцев, изготовленных из силикона или эластомера, внутри которых расположены полости для подачи воздуха [2]. При давлении 80–100 кПа происходит изгиб пальцев захвата и поворот актуаторов. Главным преимуществом подобной конструкции является низкое контактное давление (30–50 кПа), что значительно ниже предела прочности кожуры большинства овощей и фруктов.

Для оценки взаимодействия мягкого захвата с объектом учитываются физико-механические свойства сельскохозяйственных культур [1].

Силиконы и эластомеры позволяют поддерживать усилие захвата на уровне, обеспечивающем удержание без физического повреждения. Например, при сборе томатов пневмосистема регулирует давление в пределах 0,08–0,1 МПа, что соответствует естественным упругим деформациям плода (до 12–14 %). При этом контактная поверхность деформируется, обволакивая плод и создавая устойчивый захват за счет сил трения.

Для автономного функционирования роботизированных комплексов в тепличном производстве может быть применено машинное зрение на основе сверточных нейронных сетей. YOLOv8 обеспечивает высокую скорость (до 120 кадров/с) при хорошем качестве распознавания объектов, однако новая версия YOLOv11 демонстрирует более высокую точность и вычислительную эффективность.

Согласно данным сравнительного тестирования Ultralytics, при одинаковом разрешении изображений (640×640 пикселей) модель YOLOv11 достигает точности mAP = 53,4 %, тогда как YOLOv8l показывает 52,9 %, при этом YOLOv11 содержит на 42 % меньше параметров и работает значительно быстрее на CPU [4]. Такая оптимизация делает YOLOv11 более предпочтительной для использования в интеллектуальных аграрных системах, где важны энергоэффективность и стабильная работа в реальном времени.

Алгоритмы сегментации изображений нейросетей U-Net и DeepLabv3+ позволяют дополнительно определить контуры плодов и передать координаты манипулятору, контроллер выбирает силу захвата, угол подлета и давление воздуха.

Несмотря на активное развитие технологий мягкой робототехники, их широкое внедрение в аграрное производство остается ограниченным рядом объективных факторов.

*1. Материаловедческие ограничения.* Основная проблема связана с износом и старением силиконовых и эластомерных изделий, используемых в пневматических актуаторах. При длительной эксплуатации наблюдается потеря упругих свойств, микротрещины и деградация материала под действием ультрафиолетового излучения, влажности и агрессивной тепличной среды. Перспективным направлением является разработка новых композитных полимеров и биосовместимых покрытий с повышенной стойкостью к усталости и термоокислительной деградации.

*2. Технологические и конструкционные проблемы.* Высокие требования к герметичности пневмосистем, точности регулирования давления и

синхронизации каналов усложняют серийное производство мягких захватов. Решение видится в применении аддитивных технологий, 3D-печати эластомеров и разработке встроенных сенсоров давления и деформации.

*3. Алгоритмические и вычислительные ограничения.* Современные системы машинного зрения (YOLOv8–v11, U-Net, DeepLabv3+) требуют больших объемов размеченных данных для обучения и значительных вычислительных ресурсов [5]. Это ограничивает их применение для объектов сельскохозяйственного назначения с переменной освещенностью и фоном [3]. Перспективными считаются методы самообучения, синтетической генерации данных и адаптивного обучения на основе обратной связи от сенсоров.

*4. Экономические и организационные факторы.* Высокая стоимость импортных пневмокомпонентов и сенсорных элементов сдерживает масштабирование отечественных решений. Необходима локализация производства и стандартизация компонентов мягкой робототехники для агропромышленного сектора.

Перспективы развития направления мягкой робототехники связаны с интеграцией сенсорных систем нового поколения, созданием цифровых двойников тепличных комплексов и внедрением самообучающихся контроллеров, прогнозирующих усилие захвата в реальном времени.

Применение мягкой робототехники в тепличных комплексах открывает новые возможности для автоматизации сбора овощных культур, а использование пневматических актуаторов, интеллектуальных алгоритмов нейросетей YOLOv8, YOLOv11 и цифрового моделирования обеспечивает безопасное и эффективное взаимодействие с плодами без их повреждения.

Мягкие захваты демонстрируют высокую универсальность, позволяя работать с широким спектром культур – от томатов и перцев до ягод и фруктов. Помимо повышения надежности материалов, интеграции сенсорных модулей требуется и разработка стандартов проектирования роботизированных комплексов сельскохозяйственного назначения.

#### Библиографический список

1. Алиев, Ч.С. и др. Некоторые физико-механические свойства плодов разных сортов томата, выращиваемых в условиях Азербайджана // Аграрная наука в условиях модернизации и цифрового развития АПК России. – 2022. – С. 3-9.
2. Бучельникова, Т.А. Обзор конструкций мягких захватов для сбора плодов и овощей / Т.А. Бучельникова, В.С. Панов, Н.Н. Устинов // Агропродовольственная политика России. – 2022. – № 4-5. – С. 7-17.
3. Шабаев, Е.А. Компьютерное моделирование цифровой системы автоматического регулирования освещенности / Е.А. Шабаев, М.М. Романовец // Инженерные технологии и системы. – 2024. – Т. 34, № 2. – С. 295-317.

4. Sapkota R. et al. Comprehensive performance evaluation of yolov12, yolo11, yolov10, yolov9 and yolov8 on detecting and counting fruitlet in complex orchard environments // arXiv preprint arXiv: 2407.12040. – 2024.

5. Tian W., Chong K., Zhang J. DU-Net-L: an effective and lightweight segmentation model for alfalfa images that integrates the strengths of DeepLabV3+ and U-Net // aBIOTECH. – 2025. – C. 1-11.

УДК: 004.89

## ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЦИФРОВИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЛОДОВООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Шпиндлер Людмила Сергеевна**, студентка 3 курса института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, lyuda.shpindler@yandex.ru

**Научный руководитель – Четвериков Евгений Александрович**, к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматизации и роботизации имени академика И.Ф. Бородина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, e.chetverikov@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Значительное увеличение вычислительной мощности микропроцессорных устройств для производств, позволило интегрировать в существующие процессы системы интеллектуальной обработки и анализа данных, получаемых от средств объективного контроля. В статье произведен анализ таких методов для автоматизированной сортировки плодоовощной продукции с целью изучения возможности разработки оборудования и программного обеспечения для цифровизированной оценки качества.*

***Ключевые слова:** система технического зрения, гиперспектральный анализ, нечеткая логика, нейронная сеть, автоматизированная сортировка.*

В настоящее время агропромышленный комплекс страны производит большое количество различных видов плодоовощной продукции, необходимой для процесса переработки. Ключевым фактором здесь является качество исходного сырья. Так, поверхностные повреждения плодов – ушибы, царапины – не оказывают существенного влияния на процесс переработки, в то время даже небольшие участки гнили резко ухудшают вкус и химический состав сока и других консервантов, что напрямую снижает его потребительские свойства и сроки годности [3]. Одной из проблем в процессе послесборочной переработки является проблема ручной сортировки. До сих пор на многих производствах осуществляется ручная сортировка различных плодов, что снижает эффективность отбора здоровых продуктов из-за присутствия человеческого фактора [2]. Рассмотрим возможные методы сортировки с целью выявления рационального с точки зрения автоматизации процесса.

Всего предоставляется к рассмотрению четыре метода технической оценки качества:

- метод на основе применения цветных телевизионных датчиков [4].
- метод на основе гиперспектрального анализа [4].
- электрические и оптические методы контроля качества [5].
- оптический метод [5].

Исходя из проведенного анализа перспективным представляется система технического зрения для распознавания дефектов плодов. Метод использует комплекс камер и алгоритмы глубокого обучения для классификации внешних дефектов (рисунок 1).

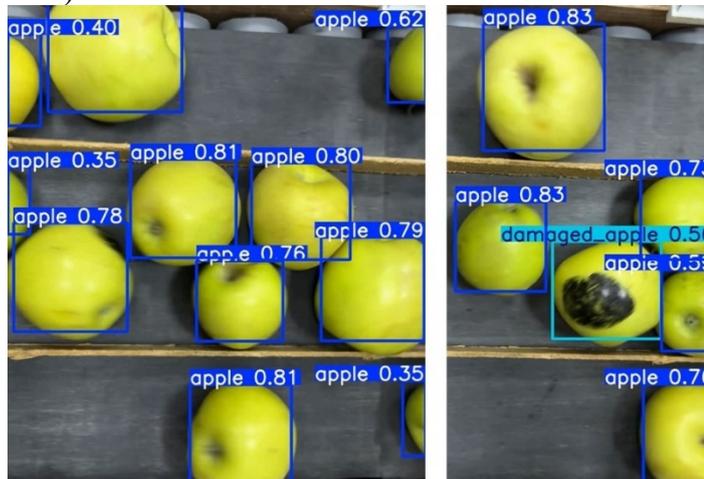


Рисунок 1 – Работы СТЗ и модуля первичной доработки

Альтернативный подход со сверточной нейронной сетью – точность 96,88% – также имеет ограничения: не оценивает площадь повреждений; требует дообучения для новых сортов и дефектов; склонен к переобучению.

Для преодоления этих ограничений перспективным представляется: разработка методов интерпретации внешних дефектов как индикаторов внутренних повреждений; внедрение комплексного подхода, сочетающего сверточные нейронные сети с алгоритмами нечеткой логики; использование нечеткой логики для оценки степени повреждения в процентных диапазонах.

Разработан алгоритм, который на основе математического моделирования оценивает объем внутреннего повреждения плода гнилью по площади видимого дефекта (рисунок 2).

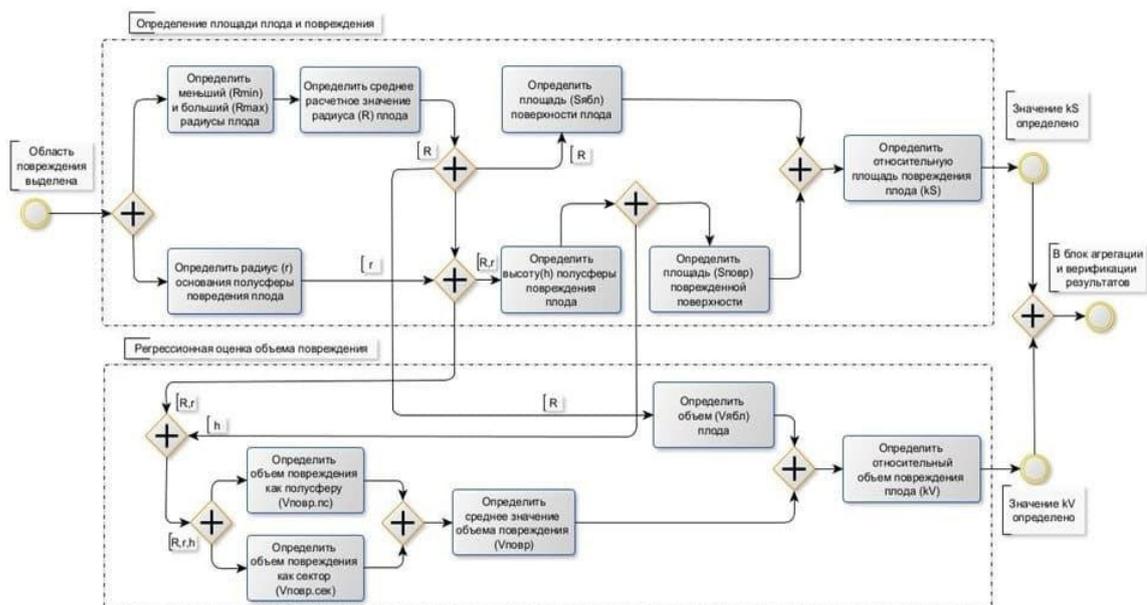


Рисунок 2 – Обобщенный алгоритм управления автоматизированной сортировкой

Этапы алгоритма:

- анализ формы: По контуру плода определяются его габариты ( $R_{min}$ ,  $R_{max}$ ) и вычисляется средний радиус ( $R$ ) для аппроксимации плода сферой;

- анализ дефекта: из маски повреждения извлекается его радиус ( $r$ ) и расчетная высота ( $h$ ) для моделирования дефекта в виде полусферы;

- комплексная оценка: рассчитывается площадь поврежденной поверхности ( $S_{повр}$ ) и ее доля от общей площади ( $kS$ ); объем повреждения оценивается по двум моделям (полусфера и сферический сектор), а итоговое значение ( $V_{повр}$ ) получают усреднением для повышения точности;

В конечном итоге алгоритм предоставляет две независимые характеристики – по площади ( $kS$ ) и по объему ( $kV$ ), что обеспечивает всестороннюю оценку для точной сортировки продукции.

При обучении нейронной сети на языке программирования Python могут быть использованы библиотеки OpenCV-Python, PIL (Pillow), NumPy, Scikit-image, которые применяются для цифрового анализа изображений.

На основании проведенного анализа предложен алгоритм автоматизированной сортировки плодоовощной продукции для существующих методов. Установлено, что использование системы интеллектуального контроля, связывающей машинное зрение, статистические данные и средства обработки с использованием алгоритмов нечеткой логики, позволит значительно повысить качество хранящейся продукции, а также консервантов.

#### Библиографический список

1. Lu, Y. Development of a multispectral Structured Illumination Reflectance Imaging (SIRI) system and its application to bruise detection of apples / Y. Lu, R. Lu // Transactions of the ASABE. – 2017. – № 4. – pp. 1379-1389.

2. Дубовицкий, А.А. Анализ современного состояния отрасли садоводства в России и перспективы развития на основе реализации рыночного потенциала / А.А. Дубовицкий, Э.А. Климентова, Л.В. Григорьева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(75). С. 124-138.

3. Милонова, М.В. Влияние санкций на аграрно-промышленный комплекс России / М.В. Милонова, А.А. Астапенко // Международная торговля и торговая политика. – 2023. – № 3(35). – С. 127-133.

- 4 Панин, А.В. Цифровая индустрия и цифровые возможности в АПК: состояние, потенциал и тренды / А.В. Панин, Д.В. Тимохин, Л.А Головин, О.В. Логачева // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 11. – С. 26-31.

5. Эпштейн, Д.Б. О развитии АПК на основе цифровой трансформации / Д.Б. Эпштейн // Российский экономический журнал. – 2023. – № 5. – С. 46-62.

УДК 553.042, 553.495, 004.942, 517.9

## ФРАКТАЛЬНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В ГОРНОЙ ГРЯДЕ

**Доненко София Леонидовна**, студентка 3 курса естественно-технического факультета, ГОУ ВПО Кыргызско-Российский Славянский университет им. первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызская Республика, [sofiadonenko56@gmail.com](mailto:sofiadonenko56@gmail.com)

**Научный руководитель – Доненко Иван Леонидович**, к.ф.-м.н., и.о. доцента кафедры естественно-научных дисциплин, ГОУ ВПО Кыргызский авиационный институт им. И. Абдраимова, учитель физики и информатики центра международного сотрудничества министерства просвещения Российской Федерации, Бишкек, Кыргызская Республика, [work@idonenko.ru](mailto:work@idonenko.ru)

***Аннотация.** В данной статье представлен оригинальный междисциплинарный метод анализа горных аграрных территорий, который сочетает математический аппарат фрактальной геометрии с высокоточной аэрофотосъемкой, осуществляемой беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Исследование направлено на решение одной из ключевых проблем сельского хозяйства в горных регионах – необходимости детального моделирования сложного, резко изменяющегося рельефа, оказывающего существенное влияние на распределение влаги, плодородие почв и выбор оптимальных агротехнологий. Использование БПЛА позволяет получать данные высокой пространственной детализации о структуре поверхности, микровыраженности рельефа и состоянии почвенных горизонтов, что формирует основу для построения точных цифровых моделей местности. Методологическим ядром исследования является применение фрактальных кривых второго и третьего порядка, которые позволяют описывать сложные геометрические структуры природных объектов с учетом их самоорганизации и неоднородности.*

***Ключевые слова:** фрактал, БПЛА, сельское хозяйство, горы*

Фрактальный анализ представляет собой методологию исследования, направленную на количественную оценку сложности поверхностей и структур посредством определения их фрактальной размерности. Фундаментальная предпосылка данного подхода заключается в том, что многие природные объекты и явления, включая облака и горные массивы, демонстрируют фрактальную природу, проявляющуюся в их самоподобии на различных пространственных масштабах. В контексте сельского хозяйства, фрактальный анализ находит применение в оценке морфологии почвы, топографии местности и динамики роста растений, что способствует разработке оптимальных агротехнических решений. Беспилотные летательные аппараты

(БПЛА) стали ключевым инструментом в современном сельском хозяйстве. Интегрированные камеры и сенсоры БПЛА позволяют получать высокодетализированные изображения сельскохозяйственных угодий, обеспечивая оперативное и точное выявление аномальных зон. Сканирование поверхностей с использованием оптических камер и лазерных сканеров (например, Lidar) приводит к явлению дифракции света на фрактальных структурах. Эти структуры могут быть описаны с помощью дифрактала Фраунгофера, который математически определяется через преобразование Фурье от фрактального объекта. Для детального анализа таких поверхностей могут быть задействованы дифференциальные уравнения второго порядка.

$$\nabla^2 f(x, y) = g(x, y) \quad (3)$$

где  $\nabla$  – оператор Лапласа,  $f(x, y)$  функция, описывающая криволинейную поверхность, и  $g(x, y)$  – некоторая заданная функция.

Для выполнения углубленного анализа и тщательного исследования поверхностей планируется создание системы на основе искусственного интеллекта. Она будет опираться на уже существующие математические модели и сможет рассчитывать фрактальную размерность в режиме реального времени. Это позволит автоматически обрабатывать поступающие данные, учитывать изменение параметров рельефа и обеспечивать высокую точность моделирования вместе с расширенными аналитическими возможностями.

Мы реализуем связку для работы БПЛА состоящую из следующих элементов: Arduino и Raspberry Pi. Далее представим модель, которая будет анализировать поверхность с использованием веб-камеры высокого разрешения и датчиков Lidar реализованную на Raspberry Pi. Она представляет собой структуру, выделяющую посевы и другие сельскохозяйственные насаждения на поверхности земли.

Проведенное исследование и разработка прототипа интеллектуальной системы мониторинга сельскохозяйственных угодий на базе БПЛА подтвердили высокую эффективность интеграции фрактальных методов анализа, микроконтроллерных решений и алгоритмов машинного обучения в единую архитектуру. В рамках работы была обоснована возможность применения фрактальных моделей, в частности, дифракционного фрактала Фраунгофера и мультиуровневых структур типа ковра Серпинского для количественной оценки неоднородности почвенно-растительного покрова. Эти методы позволили расширить интерпретационные возможности традиционной обработки изображений, обеспечив выявление структурных особенностей ландшафта и устойчивых пространственных паттернов, недоступных линейным подходам. Созданный аппаратно-программный комплекс, включающий Arduino и Raspberry Pi, продемонстрировал функциональную состоятельность распределенной архитектуры обработки данных. Arduino обеспечил работу на низком уровне – сбор телеметрии, считывание показаний датчиков, передачу данных и взаимодействие с внешними устройствами. Raspberry Pi выступил в роли центрального узла вычислительной обработки, выполняя задачи машинного зрения, первичной

фильтрации, распознавания сельскохозяйственных культур и анализа динамики состояния посевов с применением предобученных нейросетевых моделей TensorFlow. Такая гибридная организация вычислений позволяет масштабировать систему, обеспечивая баланс между мобильностью БПЛА и вычислительными возможностями серверной инфраструктуры. Особое значение имеет возможность работы системы в режиме реального времени, что стало возможным благодаря оптимизированной передаче данных с борта БПЛА на наземную станцию или облачный сервер. Данная функциональность позволяет оперативно выявлять изменения в состоянии почвы, растительности, влажности или биофизических параметров, что критически важно для адаптивного управления сельскохозяйственными процессами. Возможность переноса высоконагрузочных операций (обучение моделей, кластеризация, фрактальная декомпозиция больших массивов данных) на серверные мощности делает систему особенно гибкой и применимой к большим участкам, включая хозяйства промышленного масштаба. Комплексный анализ показал, что предложенная архитектура обладает высокой универсальностью и адаптивностью. Использование открытых аппаратных платформ (Arduino, Raspberry Pi) и свободно распространяемых библиотек машинного обучения обеспечивает доступность технологии для широкого круга исследователей и практиков. Условная модульность каждого компонента позволяет адаптировать систему под различные задачи агромониторинга: оценку урожайности, раннее выявление фитопатологий, контроль орошения, мониторинг эрозионных процессов и устойчивости агроландшафта к техногенным нагрузкам. Таким образом, разработанная система является технологически перспективным инструментом, который сочетает методы фрактального анализа, машинного обучения и роботизированного мониторинга. Она демонстрирует высокий потенциал для внедрения в практику точного сельского хозяйства, повышения эффективности агропроизводства, рационального использования ресурсов и формирования устойчивых экологически ориентированных систем земледелия. В перспективе дальнейшее развитие данного решения может включать интеграцию более сложных гибридных нейросетевых архитектур (например, LSTM+CNN, трансформеров), внедрение автономного планирования маршрутов БПЛА и расширение набора сенсорных модулей, что обеспечит еще более глубокий и многоуровневый анализ состояния агроэкосистем.

#### Библиографический список

1. Donenko, S.L. Innovative fractal approach for processing agricultural land using UAVs. / S.L Donenko, I.L. Donenko, O.L. Donenko. – Journal of Advanced Agronomy Studies. – 2024. – Vol. 47. – № 3. – pp. 205-219.
2. Доненко, А.В. Математическое моделирование для решения краевой задачи эволюции фрактальных отображений световых полей / А.В. Доненко,

В.А. Лукьяненко, И.Л. Доненко. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – 2018. С. 436-442.

3. Доненко, И.Л. Учет фрактальности поверхности земли для нанесения точных бомбовых ударов / И.Л. Доненко, К.Н. Алексеев // Устойчивое развитие науки и образования. – 2018. – № 10. – С. 209-211.

## СЕКЦИЯ 12. 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО В АПК

УДК 004.925

### ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПЕРЕД ПЕЧАТЬЮ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

**Штанько Дарья Андреевна**, студент 3 курса Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, dashashtanko2005@icloud.com

**Научный руководитель – Волкова Светлана Николаевна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, s.volkova@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Исследовано применение виртуальной реальности для визуализации 3D-моделей в АПК. На основе методики Vimbraw К. разработан подход, позволяющий выявлять ошибки до печати, что приводит к снижению брака и экономии материалов при производстве деталей.*

***Ключевые слова:** VR, 3D-печать, аддитивные технологии, визуализация, АПК.*

Современное производство, в том числе в агропромышленном комплексе (АПК), активно внедряет аддитивные технологии (3D-печать) для быстрого прототипирования, изготовления специализированного инструмента и запчастей к сельскохозяйственной технике. Однако традиционный workflow, включающий проектирование в САД-системах, проверку на двумерном экране и последующую печать, имеет существенный недостаток: сложность адекватной оценки пространственных характеристик, эргономики и сборности модели до ее физического воплощения [1-3]. Это приводит к многочисленным итерациям печати, браку и нерациональному расходу материалов. Эффективным решением данной проблемы является интеграция на этапе препечатной подготовки технологий виртуальной реальности (VR). В основу настоящего исследования положена методика, предложенная Vimbraw К. [4], которая заключается в использовании VR-среды в качестве инструмента для интерактивной валидации цифровых моделей перед производством.

Была адаптирована и применена для задач АПК следующая последовательность действий:

1. Экспорт САД-модели [5] из системы автоматизированного проектирования (например, Kompas-3D, SolidWorks) в универсальный формат FBX или OBJ.

2. Загрузка модели в специализированное VR-приложение (на базе движков Unity 3D или Unreal Engine).

3. Интерактивный осмотр модели пользователем в VR: оценка масштаба,

проверка наличия не моделируемых полостей, анализ соосности отверстий и посадочных мест.

4. Визуализация процесса послойной печати для предупреждения возможных ошибок, связанных с необходимостью генерации поддержек.

5. Принятие решения о готовности модели к печати или необходимости её доработки.

Основным преимуществом предложенного подхода является возможность детального анализа геометрии. Пользователь может буквально "заглянуть внутрь" сложной детали, что практически невозможно при работе с 2D-экраном. Анализ данных, приведенных в работе [4], показывает, что применение VR-валидации позволяет на 40-50% сократить количество неудачных попыток печати, вызванных ошибками проектирования, не выявленными на традиционном этапе проверки.

Экономический эффект от внедрения VR-визуализации складывается из экономии дорогостоящих фотополимерных материалов и филамента, а также сокращения времени на производство конечного изделия. Для условий сельскохозяйственного предприятия, занимающегося самостоятельным производством запчастей, это повышает рентабельность использования аддитивных технологий.

Таким образом, применение адаптированной методики использования технологий виртуальной реальности для визуализации проектов перед 3D-печатью является перспективным направлением цифровизации АПК.

Данный подход позволяет повысить эффективность и точность процесса аддитивного производства, снизив ресурсные затраты на этапе прототипирования и производства.

#### Библиографический список

1. Волкова, С. Н. Современные расчетные графические программные комплексы в конструировании и проектировании / С. Н. Волкова // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: Материалы Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 75-летию заслуженного деятеля науки Российской Федерации, академика РААСН, доктора технических наук, профессора В.П. Селяева, Саранск, 03–05 декабря 2019 года / Ответственный редактор А.Л. Лазарев. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2019. – С. 504-507.

2. Волкова, С. Н. Цифровизация процесса проектирования сборочного чертежа / С. Н. Волкова // Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робототехнических комплексов: Сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Москва, 19-20 декабря 2023 г.), посвященной 100-летию со дня рождения ветерана Великой Отечественной Войны, заслуженного деятеля науки и техники, заслуженного изобретателя РФ, д.т.н., профессора

Николая Федоровича Тельнова, Москва, 19–20 декабря 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2024. – С. 121-126.

3. Волкова, С. Н. Интеграция системы КОМПАС-3D в управление жизненным циклом изделия / С. Н. Волкова, Д. А. Рыбалкин // EurasiaScience: Сборник статей LXXII международной научно-практической конференции, Москва, 30 сентября 2025 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Актуальность.РФ", 2025. – С. 91-92.

4. Рыбалкин, Д. А. Оптимизация процесса создания сборочных чертежей в КОМПАС-3D / Д. А. Рыбалкин, С. Н. Волкова // EurasiaScience: Сборник статей LXXII международной научно-практической конференции, Москва, 30 сентября 2025 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Актуальность.РФ", 2025. – С. 93-94.

5. Bimbrow, K. Virtual Reality and 3D Printing: A New Paradigm for Product Design and Evaluation // Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference. – 2015.

УДК 621.791.7

## АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Ермаков Александр Максимович**, студент 1 курса института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, sasha-ermakoff060605@yandex.ru

**Научный руководитель – Рыбалкин Дмитрий Алексеевич**, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, rybalkin@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье исследуются возможности применения аддитивных технологий для модернизации и повышения эффективности животноводческого оборудования. Рассматривается актуальность использования инновационных методов производства для решения проблем, связанных с быстрым износом комплектующих, сложностью их замены и увеличением времени простоя сельскохозяйственной техники. Особое внимание уделяется 3D-печати в оперативном изготовлении запасных частей из полимерных и композиционных материалов, что позволяет сократить сроки ремонта и снизить экономические потери. Анализируется роль 3D-сканирования как эффективного средства контроля геометрии деталей и создания цифровых моделей для аддитивного производства. Представлены выводы о значительных перспективах внедрения аддитивных технологий в агропромышленный комплекс как ключевого фактора повышения его рентабельности и технологического уровня.*

***Ключевые слова:** 3D-печать, технология, производство, хозяйство, оборудование.*

Современное животноводство сталкивается с необходимостью постоянного совершенствования производственных процессов и повышения эффективности использования ресурсов. Аддитивные технологии, также известные как 3D-печать, обладают огромным потенциалом для трансформации будущего сельского хозяйства. Развитие данного направления является одним из приоритетов России – в 2021 г. Правительство РФ утвердило «Стратегию развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года» (распоряжение №1913-р от 14 июля 2021 года) [2, 3].

В условиях фермерского производства аддитивные технологии позволяют быстро и экономично производить запасные части для сельскохозяйственной техники. Это значительно сокращает время простоя оборудования и снижает затраты на логистику, так как детали могут быть изготовлены непосредственно на месте, что особенно удобно в удаленных

районах.

На современном этапе развития агропромышленного комплекса, как зарубежные, так и отечественные сельхозпроизводители активно внедряют 3D-принтеры. Применение технологий трехмерной печати значительно упрощает ремонт оборудования.

В статье поднимается проблематика ремонта современной сельскохозяйственной техники. Современные машины, с их все более сложными конструктивными решениями, регулярно сталкиваются с проблемой выхода из строя большого числа внутренних элементов. Зачастую приобрести отдельные компоненты у производителей не представляется возможным, что вынуждает прибегать к полной замене неисправного узла. Текущие сложности с логистикой поставок запасных частей еще больше обостряют эту проблему. В итоге, время, затрачиваемое на устранение поломок, увеличивается, что пагубно влияет на экономическую эффективность производства, особенно учитывая строго ограниченные сроки выполнения большинства сельскохозяйственных операций.

Параллельно с развитием 3D-печати изделий, широкое распространение получил метод полимерного вакуумного литья в силиконовые матрицы. Данный подход эффективно применяется для получения мастер-моделей прототипов. Источником этих мастер-моделей могут служить как объекты, изготовленные на 3D-принтере, так и элементы, произведенные с помощью классических технологий.

В условиях необходимости импортзамещения технологии аддитивного производства становятся актуальным и при изготовлении деталей для сельскохозяйственной техники. В процессе применения аддитивных технологий для создания деталей, используемых в критически важных сопрягаемых соединениях (например, втулка-шпонка, зубчатое зацепление, резьбовые соединения, подверженные нагрузкам), возникает актуальная проблема обеспечения их достаточной прочности. [1].

Создание моделей для требующих замены неисправных запчастей различной сельскохозяйственной техники эффективно осуществляется с помощью 3D-сканирования.

Средством контроля геометрических параметров деталей агротехники на ремонтном предприятии может служить 3D-сканирование [1]. Этот процесс включает формирование цифрового образа реального элемента с использованием сканера и его последующее сравнение с идеальной компьютерной моделью.

Внедрение аддитивных технологий (3D-печати) предоставляет возможность изготавливать как конкретные детали механизмов, так и полноценные изделия целиком на основе имеющейся 3D-модели, обеспечивая высокую скорость производства и рациональное использование материалов [4, 5].

Комплексное применение 3D-печати, трехмерного сканирования и последующей обработки изделий в процессе ремонта животноводческого

оборудования значительно ускоряет восстановление его функциональности. Это достигается за счет возможности оперативного производства запасных частей из полимерных и композиционных материалов, которые эффективно замещают вышедшие из строя оригинальные компоненты. Ремонт, выполненный в максимально сжатые сроки, позволяет существенно минимизировать простои сельскохозяйственной техники и связанные с ними экономические убытки [1].

Внедрение аддитивных технологий открывает новые возможности для фермеров, позволяя им быстрее адаптироваться к изменяющимся условиям рынка. Влияние аддитивных технологий на будущее сельского хозяйства может оказаться весьма значительным и многогранным.

Несмотря на значительные преимущества, внедрение аддитивных технологий в животноводстве сталкивается с рядом вызовов:

- Высокая стоимость оборудования и материалов.
- Необходимость квалифицированных кадров: требуются специалисты, обладающие знаниями в области 3D-моделирования, материаловедения и эксплуатации 3D-принтеров.

Потенциал аддитивных технологий для животноводческого оборудования огромен. По мере развития технологий, снижения стоимости материалов и оборудования, а также появления новых, более совершенных методов печати, аддитивные технологии будут играть все более важную роль в модернизации и повышении эффективности агропромышленного комплекса.

#### Библиографический список

1. Применение технологий 3D-печати и 3D-сканирования при изготовлении и ремонте сельскохозяйственной техники / Ю.В. Катаев, Ю.А. Гончарова, А.С. Свиридов, С.П. Тужилин // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 1(307). – С. 34-38.
2. Распоряжение Правительства РФ от 14 июля 2021 г. N 1913-р Об утверждении Стратегии развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 г. // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401404208/> (дата обращения: 14.10.2025).
3. Рыбалкин, Д.А. Применение аддитивных технологий в ремонте сельскохозяйственной техники / Д.А. Рыбалкин // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича: Сборник статей, Москва, 03–05 июня 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. – С. 649-652.
4. Study of 3D Printed Agricultural Slotted Spray Nozzles / V.A. Denisov, V.E. Slavkina, A.S. Sviridov, Y.A. Goncharova // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2022. – Vol. 51, No. 3. – P. 271-276.
5. Читчян, К. Д. Проектирование объектов в Nanocad / К. Д. Читчян, Д. Л. Кушнарева // Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робототехнических комплексов :

Сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Москва, 19-20 декабря 2023 г.), посвященной 100-летию со дня рождения ветерана Великой Отечественной Войны, заслуженного деятеля науки и техники, заслуженного изобретателя РФ, д.т.н., профессора Николая Федоровича Тельнова, Москва, 19–20 декабря 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2024. – С. 144-148. – EDN QDDHYN.

УДК 621.8

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КАСТОМИЗАЦИИ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСОВ**

**Читчян Кристина Давидовна**, студентка 3 курса института механики и энергетики имени В. П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, kristinachitchyan@gmail.com

**Научный руководитель – Кушнарёва Дарья Леонидовна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, d.kushnareva@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье проведен комплексный анализ и систематизация существующих разработок в области программного обеспечения для кастомизации продуктов. Рассмотрены ключевые проблемы и перспективные направления развития.*

***Ключевые слова:** кастомизация, 3D-моделирование, параметрическое проектирование, вариативное проектирование, САД, инженерные системы, искусственный интеллект, аддитивные технологии.*

Современные тенденции рынка, ориентированные на персонализацию спроса, диктуют необходимость предоставления индивидуальных решений, что обуславливает актуальность разработки специализированного программного обеспечения (ПО) для кастомизации продуктов. Такое ПО позволяет конечным пользователям и инженерам настраивать изделия под специфические требования, используя передовые технологии интерактивного 3D-моделирования и адаптивных пользовательских интерфейсов [1]. Это способствует переходу от массового производства к экономически эффективному выпуску продукции мелкими сериями и под заказ.

Основу систем инженерной кастомизации составляют два ключевых подхода: параметрическое и вариативное проектирование, которые часто комбинируются в рамках единой платформы.

Параметрическое проектирование предполагает построение геометрической модели не на основе статичных элементов, а на системе управляющих параметров (размеры, углы, переменные) и математических формул или таблиц, связывающих их между собой. Например, модель фланца, где диаметр, количество и расположение отверстий автоматически перестраиваются при изменении общего диаметра, согласно заданным зависимостям. Это обеспечивает высокую скорость адаптации базовой модели под требования конкретного заказчика и гарантирует ее геометрическую целостность и технологичность на всех этапах изменения [2].

Вариативное (модульное) проектирование представляет конечное

изделие как сборку из стандартизированных, заранее спроектированных и верифицированных модулей или компонентов. Эти модули комбинируются по строго определенным правилам сборки. Ярким примером служит конфигуратор промышленного конвейера, где пользователь выбирает тип модулей (прямой, поворотный, подъемный), их количество и последовательность. Система автоматически генерирует 3D-модель всей линии, спецификацию и чертежи на основе библиотеки готовых компонентов. Данный подход позволяет радикально сократить время проектирования и минимизировать ошибки за счет использования проверенных решений [3].

Системы кастомизации на основе 3D-моделирования находят применение в различных отраслях промышленности. Проведенная классификация позволяет выделить следующие основные типы инженерных задач:

1. Кастомизация серийных изделий: адаптация стандартных продуктов под нужды заказчика. Примеры: подбор модулей станков с ЧПУ, конфигурация промышленных роботов-манипуляторов (выбор длины рычагов, грузоподъемности, типов приводов), компоновка приводной техники.
2. Проектирование на заказ: создание уникальных изделий «с нуля» на основе параметрических шаблонов. Сюда относятся проектирование металлоконструкций, сосудов под давление, технологических линий, корпусов электрощитов и винтовых лестниц.
3. Автоматическая генерация проектной документации: одна из ключевых функций, при которой на основе утвержденной 3D-модели система автоматически генерирует комплект конструкторской документации – чертежи, спецификации, а также файлы для оборудования с ЧПУ (DXF, G-код и др.) [4, 5].

Внедрение систем кастомизации демонстрирует значительный экономический эффект, который проявляется в нескольких аспектах.

Прямое сокращение операционных затрат. Анализ данных компании «Альфа», внедрившей конфигуратор шкафов управления, показал сокращение времени на подготовку коммерческого предложения и рабочего проекта с 40 часов до 4 часов на один заказ [3]. Подобное ускорение цикла проектирования напрямую влияет на пропускную способность инженерного отдела и количество обрабатываемых заказов.

Снижение затрат на исправление ошибок. «Эффект дорогого инженерного часа» проявляется в том, что ошибка, обнаруженная на этапе производства или эксплуатации, требует затрат на исправление, в десятки раз превышающих стоимость ее устранения на этапе проектирования. Системы кастомизации, благодаря строгим ограничениям, минимизируют человеческий фактор, что ведет к резкому сокращению количества рекламаций и доработок.

Оптимизация использования материалов. Конфигураторы, интегрированные с системами управления предприятием (ERP) и системами

автоматизированного проектирования технологических процессов (САМ), могут в реальном времени рассчитывать расход материалов и формировать оптимальные карты раскроя для станков с ЧПУ, минимизируя отходы. Например, в производстве металлоконструкций автоматическая оптимизация раскроя листового металла позволяет экономить от 5% до 15% материала [4, 7].

Критически важным элементом любой системы кастомизации является механизм правил и ограничений, который не позволяет пользователю создать физически, функционально или логически нереализуемую конфигурацию. Этот механизм формализует «инженерную логику» системы.

Несмотря на очевидные преимущества, разработка и внедрение систем кастомизации сопряжены с рядом сложностей. К ним относятся высокая первоначальная стоимость разработки и внедрения, необходимость глубокой и трудоемкой перестройки существующих референсных 3D-моделей в параметрические или модульные, а также проблемы с производительностью и отзывчивостью интерфейса при работе со сложными сборками, содержащими тысячи компонентов.

Перспективные направления развития призваны преодолеть эти ограничения:

- Применение искусственного интеллекта (AI) и машинного обучения (ML): AI-алгоритмы могут использоваться для автоматической оптимизации конфигурации под заданные технические условия, предсказания предпочтений пользователей и генерации новых допустимых вариантов компоновки.
- Интеграция с аддитивными технологиями (3D-печатью): это позволяет переходить от виртуальной кастомизации к физическому производству уникальных, нестандартных деталей, которые невозможно или нерентабельно изготовить традиционными методами.
- Развитие облачных CAD-платформ по модели «программное обеспечение как услуга» (SaaS): облачные решения снижают порог входа для малых и средних предприятий, обеспечивают масштабируемость вычислений для сложных симуляций и облегчают коллаборацию между участниками проекта [1, 5].

Таким образом, программное обеспечение для кастомизации на основе технологий 3D-моделирования и персональной настройки интерфейсов представляет собой мощный инструмент цифровой трансформации промышленности. Оно позволяет эффективно перейти от массового производства к персонализированному, обеспечивая значительное сокращение издержек и времени вывода продукции на рынок. Дальнейшее развитие этих систем, тесно связанное с внедрением искусственного интеллекта и аддитивных технологий, открывает новые возможности для создания сложной технической продукции, соответствующей уникальным требованиям каждого заказчика.

## Библиографический список

1. Анализ эффективности внедрения конструкторов на промышленных предприятиях / под ред. К.Л. Федорова. – СПб.: Политехника-сервис, 2024. – 178 с.
2. Гусев М.П., Фролов С.А. Цифровые двойники и генеративное проектирование в создании кастомизированной продукции // Вестник машиностроения. – 2023. – № 5. – С. 45–52.
3. Компьютерное проектирование (КОМПАС-3D) : Учебник / Е. Л. Чепурина, Д. А. Рыбалкин, С. Н. Волкова [и др.]. – Москва : ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. – 128 с. – EDN DMDISD.
4. Смирнов В.П. Параметрическое и вариативное проектирование в машиностроении: теория и практика. – М.: Машиностроение, 2022. – 256 с.
5. Читчян, К. Д. Проектирование объектов в Nanocad / К. Д. Читчян, Д. Л. Кушнарёва // Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робототехнических комплексов : Сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Москва, 19-20 декабря 2023 г.), посвященной 100-летию со дня рождения ветерана Великой Отечественной Войны, заслуженного деятеля науки и техники, заслуженного изобретателя РФ, д.т.н., профессора Николая Федоровича Тельнова, Москва, 19–20 декабря 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2024. – С. 144-148. – EDN QDDHYN.

## СЕКЦИЯ 13. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ НА ЯЗЫКЕ PYTHON В АПК

УДК 004.8, 004.93'1

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ РАСТЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТЕЙ

**Стукалин Александр Андреевич**, студент 4 курса института Экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева, stukalin-2004@mail.ru

**Демичев Вадим Владимирович**, к.э.н., доцент, доцент кафедры статистики и кибернетики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, demichev\_v@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье представлена научно-исследовательская работа, посвящённая анализу существующих методов автоматизации мониторинга здоровья растений при помощи микрокомпьютера с внедрённой моделью нейронной сети.*

***Ключевые слова:** анализ данных, машинное зрение, микрокомпьютер, linux, сельское хозяйство, свёрточная нейронная сеть.*

В последние годы растёт интерес к применению технологий глубокого обучения в агрономии, одной из сфер применения является диагностика заболеваний растений. Данную задачу решают при помощи свёрточных нейронных сетей (CNN), используемых для распознавания образов. В данной статье проведён сравнительный анализ четырёх популярных архитектур CNN для систем с ограниченной мощностью: MobileNet-Lite, ResNet50, Vgg19 и YOLO v8. Все модели были дообучены на датасете, состоящем из 15000 фотографий листьев томата, данные аугментированы и разделены на тренировочную (10000 фотографий), тестировочную (3000 фотографий) и валидационную (2000 фотографий) выборки, каждая из них разделена на 2 класса: поражённые фитофторозом и здоровые.

Для оценки производительности моделей использовались несколько метрик: Точность (Accuracy), полнота (Recall), точность (Precision), и F1-мера, которая представляет собой гармоническое среднее между точностью (Precision) и полнотой (Recall), что позволяет учитывать оба аспекта [3]. Чтобы обеспечить справедливость моделей CNN были использованы одинаковые гиперпараметры для каждой модели нейронной сети: размеры входных изображений 224x224, общее количество эпох составило 120, размер батча был установлен на уровне 16, а в качестве оптимизатора использовался алгоритм Adam.

ResNet50 продемонстрировала значительные преимущества благодаря своей глубокой архитектуре с остаточными связями, что позволило избежать

проблем с затуханием градиента. Эта модель показала хорошую способность к обобщению на новых данных, однако большое количество параметров сети отразилось на времени обучения, ResNet обучалась дольше всех описанных моделей. В результате ResNet50 достигла точности 84,97%, полноты 84,91%, точности (Precision) 91,2% и F1-меры 86,21%.

YOLOv8 подходит для распознавания объектов в реальном времени, но может быть менее эффективной для задач классификации по сравнению с другими архитектурами и требует большего объёма данных для достижения высокой точности. По результатам YOLOv8 получены метрики: 92,1% – точность, 87,35% – полнота, 86,21% – точность (Precision) и 89,23% – F1-мера.

MobileNet-Lite, обладая многоуровневой архитектурой, эффективно извлекает признаки различной сложности. Эта модель демонстрирует хорошую производительность при ограниченных ресурсах, однако настройка её гиперпараметров считается сложной. В результате MobileNet-Lite показала точность 89,21%, полноту 86,72%, точность (Precision) 89,4% и F1-меру 88,03%.

VGG19 выделяется своей простотой и лёгкостью структуры, однако большое количество параметров и высокая вычислительная сложность могут стать ограничивающими факторами при её использовании. Результаты VGG19 составили: 91,00% по метрике точности, 87,11% – полноты, 90,79% – точности (Precision) и 88,91% – F1-мере.

На основе полученных результатов можно сделать выводы о сравнительной эффективности моделей. YOLOv8 продемонстрировала наилучшие результаты по всем метрикам и показала хорошую способность к обобщению, что делает её наиболее подходящей моделью для решения задачи выявления болезни у растений. VGG19 и MobileNet-Lite также продемонстрировали хорошие результаты, но уступают YOLOv8 по точности и полноте. ResNet50 показала меньшую эффективность в данной задаче, так как её архитектура больше подходит для задач классификации объектов.

Зачастую использовать лишь методы распознавания объектов недостаточно, например, из-за ограниченного объёма данных для анализа прибегают к помощи датчиков, то есть интеграционному подходу. Отдельного внимания заслуживают датчики окружающей среды, которые измеряют параметры микроклимата: температуру и влажность воздуха, интенсивность солнечного излучения, влажность почвы. Данные с датчиков предоставляют важный контекст для интерпретации результатов мониторинга состояния растений.

Микрокомпьютеры (МКПК) являются отличной платформой для построения такой системы, так как позволяют использовать практически любой модуль при помощи контактов GPIO и классических интерфейсов подключения. Несмотря на ограниченную мощность МКПК, возможно разворачивать проекты с внедрённой моделью нейронной сети, при этом разделяя оператора управления, и саму установку для сбора и анализа данных. Интегрированный подход позволяет достичь точности распознавания

заболеваний на 7-10% выше по сравнению с системами, использующими только один тип данных. К примеру, с разработанной мультимоделью на базе МКПК Raspberry pi 5 с датчиками температуры и влажности воздуха, а также влажности почвы стало возможно заранее определять признаки развития грибковых заболеваний, таких как фитофтороз, до появления первых симптомов, а при первых проявлениях симптомов, модель даёт более точный результат: в среднем выдавая достоверность 0,94-0,96. При этом микрокомпьютер не перегревался, сохраняя производительность и работоспособность потоков, так как для работы выбрана операционная система Linux, а программа написана на языке C++.

Итак, несмотря на высокую эффективность YOLOv8 в данном случае, следует отметить, что у каждой задачи есть ряд условий, которые необходимо учитывать при подборе конфигурации системы.

#### Библиографический список

1. Анализ динамики воспроизводства в сельском хозяйстве России за санкционный период / А.Г. Ибрагимов, В.В. Демичев, В.В. Маслакова [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 5. – С. 153-167. – DOI 10.26897/0021-342X-2024-5-153-167. – EDN TLMDZM.
2. Гопоненко, А.С. Разработка системы детектирования для интеллектуальной системы освещения на основе микрокомпьютера BEAGLEBONE / А.С. Гопоненко, И.Г. Матвеев, А.В. Юрченко, М.К. Ковалев // Ползуновский вестник. – 2015. – №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-detektirovaniya-dlya-intellektualnoy-sistemy-osvescheniya-na-osnove-mikrokompyutera-beaglebone> (дата обращения: 10.09.2025).
3. Лихотин, М.А. использование свёрточных нейронных сетей для анализа изображений / М.А. Лихотин // Вестник ВГТУ. – 2023. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-svyortochnyh-neyronnyh-setey-dlya-analiza-izobrazheniy> (дата обращения: 10.09.2025).
4. Огнева, М. В. Программирование на языке C++: практический курс : учебник для вузов / М.В. Огнева, Е.В. Кудрина, А.А. Казачкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 342 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-18949-0. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/563618> (дата обращения: 10.09.2025).
5. Токарев, В.С. Социально-экологическая трансформация сельского хозяйства России / В.С. Токарев, В.В. Демичев // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8, № 6. – DOI 10.55186/2413046X\_2023\_8\_6\_261. – EDN YDBFDL.

УДК 004.032.2

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ В РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**Бука Артём Русланович**, студент 4 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, bukart2004@gmail.com

**Котеева Алина Санджиевна**, студентка 4 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, koteevaalina@gmail.com

**Научный руководитель – Бодур Айсу Мустафаевна**, ассистент кафедры статистики и кибернетики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, bodur\_a@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье представлены результаты прогнозирования производства картофеля в Российской Федерации с применением современных методов машинного обучения. Особое внимание уделено учету реальных экономических и климатических факторов, влияющих на урожайность картофеля.*

***Ключевые слова:** машинное обучение, нейронные сети, прогнозирование, сельское хозяйство, картофель, временные ряды, искусственный интеллект.*

Точное прогнозирование объемов производства картофеля имеет ключевое значение для планирования логистики, ценообразования и формирования государственной аграрной политики. Традиционные методы прогнозирования часто не учитывают влияние комплекса факторов. В связи с этим возникает необходимость применения подходов, основанных на машинном обучении.

В исследовании были применены три основные модели: линейная регрессия – базовый метод, устанавливающий линейную зависимость между признаками и целевой переменной; случайный лес – ансамблевый метод, эффективно работающий с нелинейными зависимостями и позволяющий оценить важность признаков; нейронные сети – многослойные перцептроны, способные моделировать сложные нелинейные взаимосвязи между факторами.

Для построения прогнозных моделей были собраны исторические данные за период с 2000 по 2020 год, включающие: объемы производства картофеля (млн т); температура (°С); осадки (мм); влажность почвы (относительный индекс от 0 до 1); индекс цен на удобрения (в %); дизельное топливо (руб./л); размеры государственных субсидий (млрд руб).

На первом этапе была построена модель линейной регрессии, но между факторами была выявлена мультиколлинеарность. Анализ силы влияния предикторов на результат был проведён на основе модели случайного леса, где значимость факторов оценивалась по снижению средней квадратичной ошибки при исключении каждого признака. Наибольшее влияние на производство картофеля оказывают индекс засухи – 20,6%, трендовая компонента – 17%, а также цены на дизельное топливо – 15,7%.

Для улучшения точности прогноза использовалось ансамблирование моделей с оптимальным взвешиванием на основе их исторической ошибки. Основной фокус исследования был направлен на прогнозирование производства картофеля на 2022-2023 годы, 2021 год был исключен из анализа в связи с аномальными условиями, повлиявшими на точность прогноза. Полученные результаты демонстрируют высокую точность прогноза (рисунок 2): 2022 год: прогноз – 19,5 млн т, факт – 18,8 млн т (+3.6%); 2023 год: прогноз – 19,8 млн т, факт – 20,2 млн т (-2.0%).

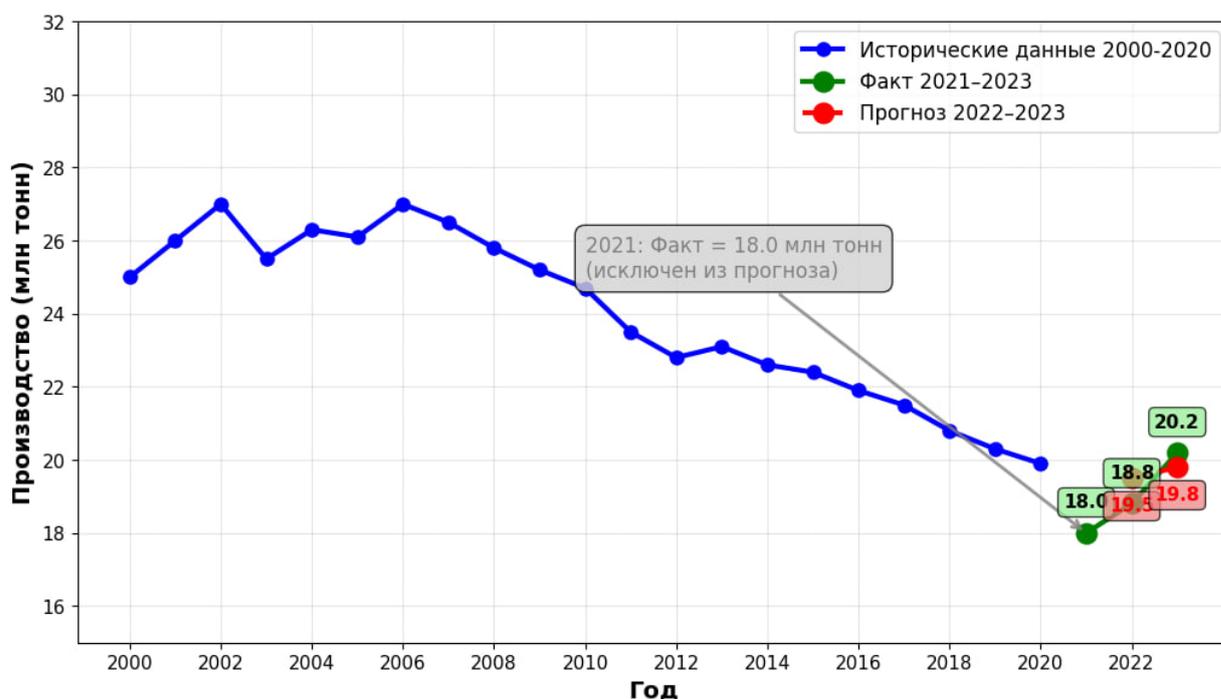


Рисунок 1 – Производство картофеля в России

Исследование выявило несколько ключевых факторов, определивших динамику производства: рост затрат – в связи с увеличением цен на удобрения на 118% и на дизельное топливо в 5,5 раза за 20 лет; господдержка – рост субсидий сельскому хозяйству в 4,6 раза; метеоусловия – особенно значимо влияние засухи в 2022 году.

Нейронная сеть показала наилучшие результаты благодаря способности учитывать сложные нелинейные зависимости. Случайный лес продемонстрировал хорошую интерпретируемость за счет оценки важности признаков. Ансамблирование моделей с оптимальными весами позволило

объединить сильные стороны каждого подхода и достичь высокой точности прогноза [1].

Для повышения точности прогнозирования предлагается включение данных спутникового мониторинга состояния посевов, учет региональных особенностей производства картофеля, использование более сложных архитектур нейронных сетей для временных рядов и интеграция данных о болезнях и вредителях картофеля.

Проведенное исследование подтвердило эффективность применения методов машинного обучения для прогнозирования производства картофеля в России [2]. Разработанная методика может быть адаптирована для прогнозирования производства других сельскохозяйственных культур, что представляет значительный интерес для агропромышленного комплекса России.

#### Библиографический список

1. Маслакова, В.В. Статистический анализ эффективности инвестирования в развитие сельского хозяйства в России / В. В. Маслакова, В. В. Демичев. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Научный консультант", 2021. – 194 с. – ISBN 978-5-907477-08-7. – EDN XZWHNF.

2. Сухомлинов, К.С. Применение методов машинного обучения в сельском хозяйстве и энергетике / К.С. Сухомлинов // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича : Сборник статей, Москва, 03–05 июня 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. – С. 507-509.

3. Токарев, В.С. Социально-экологическая трансформация сельского хозяйства России / В.С. Токарев, В.В. Демичев // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8, № 6. – DOI 10.55186/2413046X\_2023\_8\_6\_261. – EDN YDBFDL.

4. Цифровые технологии в сельском хозяйств / В.И. Хоружий, А.В. Уколова, В.В. Демичев [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 234 с. – ISBN 978-5-9675-2056-3. – EDN FZBLXE.

5. Шубнов, М. Г. Применение искусственных нейронных сетей для задач прогнозирования урожайности / М.Г. Шубнов // Интеграция науки и производства - стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве, Волгоград, 30 января – 01 2013 года. Том 5. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2013. – С. 282-286.

УДК 004.8

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ К ТАБЛИЧНЫМ ДАННЫМ

**Подлубный Владимир Юрьевич**, студент 2 курса бакалавриата института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, vovapodlubnyy@gmail.com

**Научный руководитель – Ветошкин Артем Юрьевич**, ассистент кафедры статистики и кибернетики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vetoshkin@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье представлено сравнительное исследование эффективности классических алгоритмов машинного обучения и глубоких нейронных сетей при решении задачи классификации на структурированных табличных данных.*

***Ключевые слова:** классические алгоритмы машинного обучения, полносвязная нейронная сеть, искусственный интеллект, глубокое обучение.*

Современное машинное обучение предлагает широкий спектр методов для решения задач классификации и регрессии. В последние годы глубокие нейронные сети получили значительную популярность благодаря своим выдающимся результатам в области компьютерного зрения, обработки естественного языка и других сложных задач. Однако применимость глубокого обучения не универсальна, и для определенных типов данных, например, табличных, классические методы машинного обучения могут демонстрировать сопоставимую или даже превосходящую эффективность.

Целью данного исследования является проведение сравнительного анализа эффективности классических алгоритмов машинного обучения и глубоких нейронных сетей на задаче многоклассовой классификации табличных данных. Табличные данные – один из наиболее распространенных форматов представления информации в практических приложениях, характеризуются фиксированным набором признаков, относительно небольшими размерами выборок и разнородностью типов данных.

В качестве объекта исследования выбран набор данных «Greenhouse Plant Growth Metrics», содержащий информацию о параметрах роста растений в контролируемых тепличных условиях. Датасет включает 13 количественных признаков, характеризующих различные аспекты развития растений, и целевую переменную, представляющую собой категориальный признак типа растения.

После предобработки данных в качестве классических методов машинного обучения были протестированы следующие алгоритмы с использованием библиотеки LazyPredict (рисунок 1).

**Результаты классических моделей**

Алгоритм	Модель	Accuracy	Balanced Accuracy	F1 Score	Время, с
ансамблевые методы	RandomForestClassifier	1,00	1,00	1,00	2,59
	ExtraTreesClassifier	1,00	1,00	1,00	0,49
	LGBMClassifier	1,00	1,00	1,00	1,84
байесовские классификаторы	GaussianNB	1,00	1,00	1,00	0,08
	BernoulliNB	0,93	0,92	0,93	0,09
метод k-ближайших соседей	KNeighborsClassifier	1,00	1,00	1,00	0,23
линейные модели	LogisticRegression	1,00	1,00	1,00	0,50
	RidgeClassifier	1,00	1,00	1,00	0,14
	DummyClassifier	0,20	0,17	0,07	0,06
методы опорных векторов	LinearSVC	1,00	1,00	1,00	0,33
	SVC	1,00	1,00	1,00	0,16
методы на основе деревьев решений	DecisionTreeClassifier	1,00	1,00	1,00	0,20
	AdaBoostClassifier	0,37	0,36	0,29	3,73

Архитектура глубокой нейронной сети была реализована с использованием фреймворка PyTorch и включала полносвязную архитектуру с тремя скрытыми слоями. Входной слой соответствовал размерности признакового пространства, первый скрытый слой содержал 128 нейронов с функцией активации ReLU и Dropout с коэффициентом 0,3, второй скрытый слой – 64 нейрона с аналогичной конфигурацией, третий скрытый слой – 32 нейрона, выходной слой использовал softmax активацию для многоклассовой классификации. В качестве функции потерь применялась кросс-энтропия, оптимизатор – Adam с начальной скоростью обучения 0,001. Обучение проводилось в течение 50 эпох с размером батча 32.

Большинство классических алгоритмов машинного обучения продемонстрировали хорошую производительность на данной задаче. Наиболее быстрыми оказались простые модели: GaussianNB (0,08 с), DecisionTreeClassifier (0,20 с), RidgeClassifier (0,14 с). Ансамблевые методы требовали больше времени: RandomForestClassifier (2,59 с), LGBMClassifier (1,84 с), однако все еще демонстрировали приемлемую скорость обучения. Методы, основанные на полупроверяемом обучении (LabelSpreading, LabelPropagation), показали значительное время обучения (28,78 с и 14,83 с соответственно), что делает их менее практичными для данной задачи.

Глубокая нейронная сеть была обучена в течение 50 эпох. Архитектура сети включала три скрытых слоя с постепенным уменьшением размерности (128-64-32 нейрона) и регуляризацией Dropout для предотвращения переобучения. В качестве функции активации использовалась ReLU для скрытых слоев и softmax для выходного слоя. Оптимизация проводилась с помощью алгоритма Adam. В процессе обучения наблюдалась быстрая сходимости функции потерь. На тестовой выборке нейронная сеть достигла точности (Accuracy) 1,00, что соответствует результатам лучших классических моделей. Однако время обучения составило значительно больше – около 45

секунд для полного цикла обучения на 50 эпохах, что существенно превышает время обучения большинства классических моделей.

Сравнительный анализ вычислительной эффективности показывает, что классические методы машинного обучения обладают значительным преимуществом по скорости обучения. Например, GaussianNB обучается в более чем в 600 раз быстрее нейронной сети, при этом достигая аналогичной точности. RandomForestClassifier, будучи более сложной ансамблевой моделью, обучается в 16 раз быстрее нейросети. Это имеет критическое значение в практических приложениях, где требуется быстрая итерация моделей или работа с ограниченными вычислительными ресурсами.

Помимо времени обучения, необходимо учитывать и другие аспекты практического применения. Классические модели обычно требуют меньше памяти, более интерпретируемы и проще в настройке гиперпараметров. Нейронные сети, напротив, требуют тщательного подбора архитектуры, регуляризации и параметров обучения, что усложняет процесс разработки и может требовать специализированного оборудования для эффективного обучения.

#### Библиографический список

1. Анализ динамики воспроизводства в сельском хозяйстве России за санкционный период / А. Г. Ибрагимов, В. В. Демичев, В. В. Маслакова [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 5. – С. 153-167. – DOI 10.26897/0021-342X-2024-5-153-167. – EDN TLMDZM.

2. Бурова, К.А. Применение методов машинного обучения для анализа больших данных // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 3. – С. 658-666.

3. Ветошкин, А.Ю. Разработка веб-сайта "#Тиморганик" для популяризации органической продукции / А. Ю. Ветошкин // Материалы международной научно-практической конференции "Тренды развития сельского хозяйства и агрообразования в парадигме Зеленой экономики" : сборник статей, Москва, 14–15 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет- Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 12-17. – EDN JBORIL.

4. Ветошкин, А.Ю. Опыт реализации программ профессиональной переподготовки в аграрном вузе в рамках проекта "Цифровые кафедры" / А.Ю. Ветошкин // Всемирный день качества – 2023: Материалы IV Международной конференции, Саратов, 08 ноября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, 2023. – С. 78-85. – EDN EOWDGA.

5. Уколова, А.В. Моделирование уровня производства сельскохозяйственной продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах методами эконометрики и машинного обучения / А.В. Уколова, Б.Ш. Дашиева, Д. В. Быков [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 251-262.

## СЕКЦИЯ 14. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 657.6:004.896

### МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Макаров Иван Викторович**, студент 4 курса Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, makarovivan567@mail.ru

**Чернолуцкий Фёдор Романович**, студент 4 курса Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, frc123010702@yandex.ru

**Научный руководитель – Гупалова Татьяна Николаевна**, к.э.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой экономической безопасности и права, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, gupalova@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье показано как при использовании методов машинного обучения упрощается выявление признаков мошенничества в хозяйственной деятельности организации и случайных ошибок в бухгалтерской (финансовой) отчетности в процессе обеспечения экономической безопасности.*

***Ключевые слова:** экономическая безопасность, оперативный учет, бухгалтерская (финансовая) отчетность*

При выборе методов машинного обучения в контексте их внедрения в бизнес-процессы предприятия первостепенное значение имеет прозрачность и предсказуемость программной реализации этих методов. Для руководства предприятий в большинстве случаев именно этот фактор становится решающим. Классические методы машинного обучения, такие как регрессия, кластеризация и классификация, в этой ситуации являются наиболее подходящими. Нейронные сети, хотя и могут демонстрировать высокую точность при тщательном подборе архитектуры и данных для обучения, в целом менее предсказуемы.

Первая обучаемая нейросеть была создана в 1957 году [4]. Десятилетие 1990-х годов стало периодом, когда статистические методы начали активно применяться для построения предсказательных моделей, таких как ближайшие соседи, наивный байесовский классификатор, логистическая регрессия и деревья решений. В то же время, машинное обучение начало находить практическое применение, ярким примером чего стала технология распознавания символов на банковских чеках (MICR).

С наступлением нового тысячелетия возможности машинного обучения

резко возросли. Этому способствовал прежде всего резкий скачок вычислительных мощностей компьютеров, вызванный появлением процессоров с поддержкой параллельных вычислений, кластеров и, позднее, графических ускорителей (GPU), оптимизированных для работы с матрицами и тензорами. Важным шагом стало широкое распространение обучения с учителем, когда алгоритмы обучаются на данных с метками. Такой подход открыл двери для решения конкретных задач, таких как прогнозирование продаж, оценка кредитного риска и анализ пользовательского поведения.

Благодаря работе учёных и появившимся вычислительным мощностям в 2010-х годах стало активно развиваться глубокое обучение. Технологии искусственного интеллекта вышли на новый уровень. Стало возможно полноценное применение методов машинного обучения в экономической безопасности. В том числе, стал возможен анализ как финансовых, так и нефинансовых показателей отчетности различных организаций при помощи методов машинного обучения [5].

Развитие инструментов, включая появление общедоступных библиотек и фреймворков, таких как PyTorch, Keras, Scikit-learn и других, сделало технологии искусственного интеллекта доступными не только научным кругам, но и разработчикам по всему миру. Технологии искусственного интеллекта стали активно использоваться в самых разных сферах, от промышленности до финансового сектора. В своей статье от 5 июня 2025 г. ТАСС выделило экономику, как сферу для практического применения технологий искусственного интеллекта [4].

Что же представляет собой машинное обучение? Это фундаментальная область искусственного интеллекта, которая позволяет программной модели учиться на предоставляемых ей данных, находя в них взаимосвязи и закономерности, в том числе невидимые для человека, и на их основе обрабатывать другие аналогичные данные. Большинство задач, поддающихся машинному обучению, можно отнести к одной из следующих категорий: предсказание числовых значений (регрессия), определение принадлежности к классу (классификация), группировка данных (кластеризация), упрощение представления данных (уменьшение размерности) и выявление необычных объектов (поиск аномалий) [3].

Задача алгоритмов регрессии заключается в нахождении причинно-следственной связи между переменными и дальнейшем прогнозировании значения целевой переменной на основе значений признаков. В экономической безопасности алгоритмы регрессии могут понадобиться для таких задач, как прогнозирование цен на недвижимость, определение стоимости предприятия в следующем отчетном периоде, прогнозирование банкротства предприятия и др.

Суть задачи классификации состоит в том, чтобы, опираясь на набор характерных признаков, вынести решение о принадлежности объекта к той или иной категории, например, при изучении отчетности нескольких компаний, что особенно важно для обеспечения экономической безопасности

на региональном и национальном уровнях, например, при определении класса безопасности предприятия по его бухгалтерской отчетности.

Кластеризация нужна для разделения большого количества объектов на подгруппы (кластеры) в целях классификации этих объектов. Кластеризация является методом машинного обучения без учителя – алгоритм самостоятельно разделяет объекты на то количество групп и по тем признакам, которые посчитает наиболее весомыми. При этом, объекты внутри каждой группы будут обладать схожими характеристиками. Этот алгоритм может понадобиться для классификации предприятий по их масштабу, надёжности, рентабельности и другим критериям. Также, кластеризация данных используется и при моделировании различных других аспектов экономической безопасности [1].

Задача уменьшения размерности заключается в сведении большого числа признаков к меньшему, что особенно актуально при анализе данных оперативно-технического учета с отдельных участков хозяйственной деятельности организации с целью текущего (оперативного) контроля показателей работы [2, стр. 45]. Алгоритмы, направленные на решение этой задачи, также помогут уменьшить объём базы данных, содержащей в себе коэффициенты экономической безопасности предприятия, в том случае, если некоторые из них дублируют друг друга или основываются на одинаковых показателях. Например, одновременное хранение в базе данных показателей фондоотдачи и фондоёмкости неэффективно, так как они являются обратными по отношению друг к другу и имеют 100% корреляцию.

Методы поиска аномальных значений с помощью машинного обучения помогут найти признаки мошенничества в случае, когда мы можем увидеть корреляцию между событиями, формирующими давление, возможность и оправдание для того или иного сотрудника. Даже если фактор давления отсутствует, например, в случае мошенничества со стороны высокооплачиваемых менеджеров, то само наличие возможности, при которой существует слабость системы внутреннего контроля, вкупе с этическими ценностями сотрудника, позволяет привлечь внимание службы экономической безопасности.

#### Библиографический список

1. Голубева, Г. Ф. Комплексная эколого-экономическая модель переработки техногенных хвостохранилищ в горнопромышленных регионах / Г. Ф. Голубева, А. Х. Хандам, С. Ю. Довбня // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – № 2. – С. 381-387.
2. Гупалова, Т. Н. Формирование системы интегрированной отчетности в организациях АПК / Т. Н. Гупалова. – Москва: РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. – 341 с. – ISBN 978-5-9675-1050-2.
3. Машинное обучение в задачах обеспечения экономической безопасности [Электронный ресурс] / Е. С. Митяков // Развитие и безопасность. — 2020. — № 4. — С. 92-105. — Режим доступа:

<https://ds.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/nomera/2020/04/092.pdf>, свободный. — Загл. с экрана. — (дата обращения: 29.10.2025).

4. Хронология машинного обучения: от логики Буля до нейросетей // Наука ТАСС. — Режим доступа: <https://nauka.tass.ru/nauka/24138335>, свободный. — Загл. с экрана. — (дата обращения: 28.10.2025).

5. Methodological guide to reporting on sustainable development of agribusiness companies / N.Y. Tryastsina, A.S. Babanskaya, N.A. Tryastsin, T.N. Gupalova // Journal of Management & Technology. — 2024. — Vol. 24, No. 2. — P. 174-192.

УДК 004.056.53:658.112.6

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОРПОРАТИВНОГО МОШЕННИЧЕСТВА**

**Никитина Ирина Денисовна**, студентка 4 курса Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, irinavolkova212@mail.ru

**Набатова Валерия Александровна**, студентка 4 курса Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, valeri.nabatova@gmail.com

**Научный руководитель – Рахаева Виктория Владимировна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры экономической безопасности и права, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, v\_rahaeva@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье исследуются концептуальные основы цифровой криминалистики, предлагается авторский алгоритм внутреннего цифрового аудита для выявления и предотвращения мошенничества. Рассматриваются вопросы интеграции форензик-практик с системами искусственного интеллекта, машинного обучения и Big Data.*

***Ключевые слова:** цифровая криминалистика, корпоративное мошенничество, цифровая безопасность, искусственный интеллект, внутренний аудит, цифровой след, форензик.*

В современных организациях корпоративное мошенничество представляет собой одну из наиболее серьезных угроз экономической безопасности. Оно характеризуется разнообразием форм проявления и сопровождается специфическими цифровыми следами, оставленными в информационных системах [1; 2; 4]. Практика позволяет выделить несколько ключевых направлений противодействия противоправным действиям, каждое из которых имеет свои механизмы реализации. К наиболее распространённым видам корпоративного мошенничества относятся манипулирование финансовыми данными, хищение активов, коррупционные схемы, инсайдерская деятельность и технологические утечки.

Манипулирование финансовыми показателями выражается в намеренном искажении бухгалтерской и отчетной информации для создания ложного впечатления о финансовом состоянии компании за счет сокрытия неявных издержек [3, с. 194-197]. Подобные действия направлены на получение выгоды, например привлечение инвестиций или уклонение от налогов, и фиксируются в цифровых артефактах — логах транзакций, версиях

документов и протоколах доступа к учетным системам. Хищение активов проявляется через фиктивные закупки, выплаты несуществующим сотрудникам и вывод средств через аффилированные структуры. Следы таких операций обнаруживаются при анализе банковских выписок, платёжных реестров и договорной документации. Коррупционные схемы строятся на злоупотреблении служебным положением и сговоре с контрагентами, когда тендеры выигрывают подконтрольные компании, а условия контрактов становятся заведомо невыгодными для организации. Цифровые доказательства подобных практик обычно содержатся в переписке закупочных комиссий, истории изменений договоров и движении денежных средств.

Инсайдерская деятельность представляет собой несанкционированную передачу конфиденциальных сведений конкурентам или иным заинтересованным лицам. Наибольшую ценность для злоумышленников представляют коммерческие тайны, клиентские базы и технологические разработки. Утечки информации фиксируются в журналах доступа к корпоративным системам, истории сетевых подключений и метаданных переданных файлов [4]. Особую группу составляют технологические утечки, возникающие вследствие взломов, использования уязвимостей или неучтенных каналов передачи данных. Следы таких инцидентов сохраняются в логах серверов, системах безопасности и сетевом трафике.

Ключевым инструментом противодействия корпоративному мошенничеству является форензик — системное исследование цифровых следов с использованием специализированных программных решений. Этот подход позволяет не только выявлять факты противоправных действий, но и восстанавливать механизмы их реализации. Современные расследования основаны на комплексной интеграции технологических инструментов, среди которых особое место занимают forensic-платформы, SIEM-системы, DLP-решения и средства мобильной форензики. Платформы EnCase, FTK, Autopsy и Magnet AXIOM обеспечивают глубокий анализ носителей данных, восстановление удаленных файлов, исследование оперативной памяти и сетевых логов. SIEM-системы, такие как Splunk, IBM QRadar и ArcSight, выполняют функции централизованного сбора и корреляции событий безопасности, что позволяет выявлять аномалии и строить хронологию атак [1].

Средства предотвращения утечек информации (DLP) обеспечивают контроль над передачей данных по каналам электронной почты, облачным хранилищам и съемным носителям. Мобильная форензика, реализуемая с помощью решений Cellebrite и Oxygen Forensics, позволяет исследовать данные смартфонов, включая переписку, геолокацию и кэш приложений. В последние годы цифровая криминалистика активно использует технологии искусственного интеллекта и машинного обучения. Алгоритмы AI и ML применяются для автоматического выявления аномалий, анализа поведенческих паттернов пользователей, прогнозирования мошеннических действий и ускорения обработки больших объёмов данных [5]. Кроме того, всё

большее распространение получает использование технологии блокчейн для фиксации цифровых доказательств, что обеспечивает неизменность информации и юридическую достоверность процессов расследования.

На практике применение цифрового аудита позволяет существенно повысить эффективность корпоративной безопасности за счет использования сертифицированных инструментов сохранения данных, тщательное документирование проверки всей цепочки данных. Организации, регулярно использующие форензик-инструменты, сокращают время реагирования на инциденты на 35–40 %, а количество финансовых нарушений — на 20–30 %. Автоматизация процессов сбора и анализа данных способствует переходу от реактивного реагирования к превентивному управлению рисками, в которой форензик-платформы отвечают за глубинный анализ артефактов, SIEM-системы — за мониторинг и корреляцию событий, а DLP-решения — за предотвращение утечек данных [2].

Развитие технологий искусственного интеллекта, машинного обучения и блокчейна открывает перспективы формирования интеллектуальной модели корпоративной безопасности, способной адаптироваться к динамично меняющемуся ландшафту киберугроз. В долгосрочной перспективе цифровая криминалистика трансформируется в проактивную систему защиты, где угрозы выявляются на ранних стадиях, а защитные механизмы автоматически перестраиваются под актуальные риски. Это создаёт основу для устойчивых и самонастраивающихся экосистем безопасности, в которых объединяются правовые, технологические и этические подходы к обеспечению экономической стабильности и доверия в цифровой среде.

#### Библиографический список

1. Баранов С. П. Форензик-аудит в системе внутреннего контроля компании. // Экономическая безопасность и качество. — 2021. — № 3. — С. 45–52.
2. Григорьев И. А., Зиновьев А. П. Кибербезопасность и цифровая криминалистика: учебное пособие. — М.: Академия МВД России, 2020. — 192 с.
3. Гупалова, Т. Н. Формирование системы интегрированной отчетности в организациях АПК / Т. Н. Гупалова. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. – 341 с. – ISBN 978-5-9675-1050-2.
4. Леун, Е. В. Совершенствование банковских карт и технических средств, работающих с ними, для повышения информационной безопасности финансовых операций / Е. В. Леун, Т. Н. Гупалова, С. Е. Пчелкин // Социально-экономические проблемы и перспективы развития трудовых отношений в инновационной экономике: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Омск, 22 апреля 2022 года / Отв. редактор Е.А. Кипервар. – Омск: Омский государственный технический университет, 2022. – С. 95-102.

5. Трофимов Д. С. Применение технологий цифровой криминалистики в расследовании экономических преступлений. // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. — 2023. — № 2. — С. 112–120.

УДК 343.98

## ЦИФРОВЫЕ СЛЕДЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В РАССЛЕДОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРЕСТУПЛЕНИЙ

**Шевелев Андрей Дмитриевич**, студент 4 курса Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, inktec000@mail.ru

**Сунцов Егор Александрович**, студент 4 курса Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, suntsovegor1@gmail.com

**Научный руководитель – Трясцина Нина Юрьевна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры экономической безопасности и права, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, ntryastsina@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается роль цифровых следов как источника доказательственной информации при расследовании экономических преступлений. Даны определения, классификация цифровых следов, описаны методы их фиксации и исследования, а также типичные проблемы применимости цифровых доказательств в суде.*

***Ключевые слова:** цифровой след; цифровые доказательства; компьютерно-техническая экспертиза; бухгалтерская база данных; криптовалюты.*

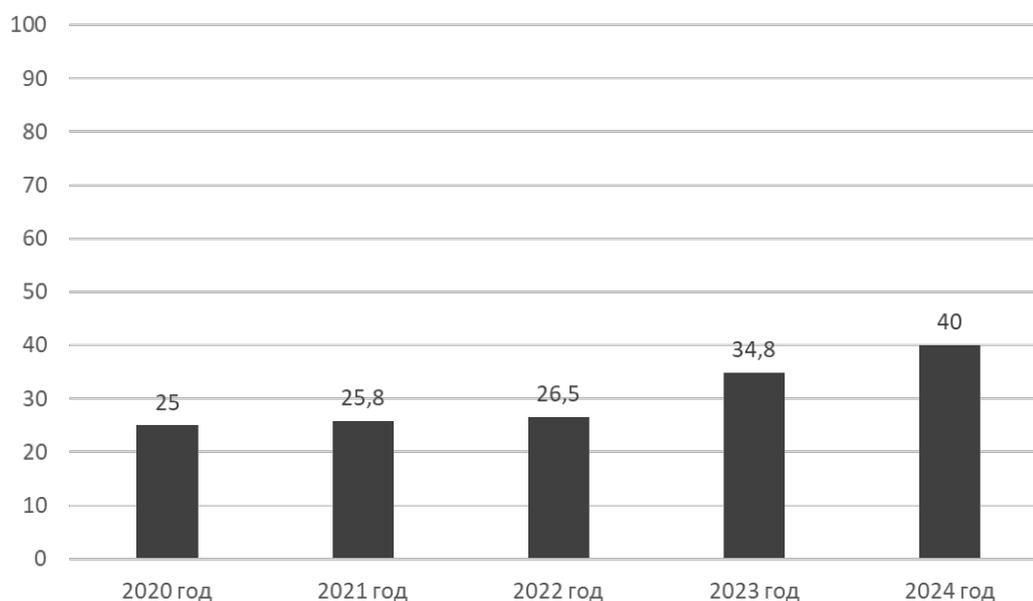
Цифровизация хозяйственной деятельности привела к возникновению новых типов преступлений и новых источников информации — цифровых следов. Эти следы формируются в процессе возникновения, обработки, хранения и передачи компьютерной информации [1; 4] и используются в цифровом учете обеспечения экономической безопасности организации [2].

Данные динамики наглядно демонстрируют устойчивый и значительный рост преступлений с использованием IT-технологий, что показывает необходимость в новых подходах к расследованию и доказыванию, где ключевым элементом цифрового расследования становятся цифровые следы — источники криминалистически значимой информации.

С точки зрения судебной экспертологии цифровой след определяется как криминалистически значимая компьютерная информация, отражённая в материальной среде в процессе её возникновения, обработки, хранения и передачи. Выделяют активные следы (публикации, переписка) и пассивные следы (логи, метаданные), а также специализированные следы — бухгалтерские файлы, журналы транзакций и записи блокчейна [1; 3; 4].

Эксперты [1; 3] указывают на такую частую ошибку процессуальных органов, как необоснованное назначение комплексной экспертизы, в то время,

как для разных областей знаний целесообразнее было бы назначить разных экспертов, готовящих отдельные акты.



**Рисунок 1 – Динамика удельного веса преступлений, совершенных с использованием IT-технологий, 2020-2024 гг.**

Наиболее значимыми цифровыми следами при экономических расследованиях являются: электронные бухгалтерские и финансовые документы (файлы 1С и другие регистры); данные интернет-ресурсов (скриншоты, логи серверов); материалы социальных сетей и мессенджеров, а также следы цифровых финансовых активов — данные блокчейна и сведения от криптобирж. Эти источники в совокупности позволяют реконструировать экономическую деятельность и устанавливать факты незаконных операций [4].

Классические приёмы при фиксации и изъятие цифровых следов – это, изъятие материальных носителей (HDD, ПК, смартфоны); создание битовых образов для сохранения целостности данных; протоколирование действий; снятие скриншотов и получение логов от хостинга и банков. Ученые указывают [4], что критически важно соблюдать методику (контрольные суммы, последовательность действий) — иначе доказательства могут быть признаны недопустимыми.

Диагностика угроз и рисков информационной безопасности показывает ряд проблем в использовании цифровых следов, среди которых недостаточное понимание природы цифровых следов экономистами, а также бурное развитие цифровых технологий, используемых при мошенничестве с активами организации [5]. Вместе с тем развитие методик, обучение специалистов и студентов новым тенденциям в работе с тестирующими системами способствует повышению доказательной ценности цифровых следов и их роли в противодействии экономическим преступлениям.

Таким образом, цифровые следы важны для обеспечения экономической безопасности организации, они являются ключевым источником доказательств в современных экономических расследованиях. Стандартизированные методики работы с ними в текущей финансово-хозяйственной деятельности организации, а также при изъятии для исследования экономических преступлений, чёткое распределение ролей между экспертами и повышение квалификации участников процесса необходимы для их доказательной силы. Только системный подход обеспечит надёжность цифровизации бизнес-процессов против мошенничества и манипуляции с цифровыми данными с соблюдением принципов конфиденциальности и прозрачности информации.

#### Библиографический список

1. А. М. Багмет, В. В. Бычков, С. Ю. Скобелин, Н. Н. Ильин / Цифровые следы преступлений; Следственный комитет Российской Федерации; Московская академия Следственного комитета Российской Федерации. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Перспектив», 2021. – 168 с. – ISBN 978-5-392-32868-0.

2. Леун, Е. В. Цифровые учет и анализ интеллектуальной собственности для повышения информативности управленческой отчетности российских организаций / Е. В. Леун, С. Е. Пчелкин, Т. Н. Гупалова // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: Материалы 13-й Международной научно-технической конференции, Омск, 15–18 марта 2023 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2023. – С. 98-99.

3. Никишин, В. Д. Механизмы web 3.0 как вызовы медиабезопасности и когнитивному суверенитету / В. Д. Никишин // Российская правовая система: в поисках национальной идентичности: Сборник докладов XIV Московской юридической недели. В 6-ти частях, Москва, 26–29 ноября 2024 года. – Москва: Издательский центр Университета им. О.Е. Кутафина (МГЮА), 2025. – С. 135-139.

4. Омельченко, Е. Ю. Оценка рисков и способы контроля как мера противодействия кибермошенничеству в условиях развития цифровой экономики / Е. Ю. Омельченко, Н. Г. Бочкарева // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 4, № 12(141). – С. 6-13.

5. Пчелкин, С. Е. Диагностика угроз и рисков как инструмент обеспечения информационной безопасности хозяйствующего субъекта / С. Е. Пчелкин, А. М. Ильясова // Учетно-аналитическое и правовое обеспечение экономической безопасности организации: материалы III Всероссийской студенческой научно-практической конференции: в 4 частях, Воронеж, 24 апреля 2021 года. Том Часть 3. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2021. – С. 306-309.

## СЕКЦИЯ 15. СПЕЦИАЛИСТ ПО ЦИФРОВЫМ СЕРВИСАМ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

УДК 377.1:004.89

### ДИДАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЛАТФОРМЫ STEPİK ПРИ ОБУЧЕНИИ ЯЗЫКАМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В КОЛЛЕДЖЕ

**Черныш Ульяна Артёмовна**, студентка 4 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, ulianachernysh@yandex.ru

**Научный руководитель – Назарова Людмила Ивановна**, к.п.н., доцент, доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, nazarova@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается дидактический потенциал платформы Stepik при обучении языкам программирования в профессиональной образовательной организации. Анализируются особенности индивидуализации и адаптации учебного процесса, формирование цифровых и профессиональных компетенций студентов, организация обратной связи и контроля.*

***Ключевые слова:** среднее профессиональное образование, языки программирования, Stepik, цифровые технологии, электронное обучение, цифровая образовательная среда, цифровые образовательные платформы.*

Языки программирования становятся неотъемлемой частью современного образования. Повсеместная цифровизация и повышение спроса на IT-специалистов приводят к тому, что программирование постепенно превращается в базовую компетенцию, значимую не только для узкопрофильных направлений, но и для большинства специальностей, связанных с цифровой экономикой. Эта тенденция обуславливает необходимость трансформации образовательных программ колледжа и внедрения инновационных методов обучения, обеспечивающих формирование у студентов актуальных профессиональных и цифровых компетенций. В этой связи особое значение приобретают массовые открытые онлайн-курсы и цифровые образовательные платформы, предлагающие гибкие форматы изучения дисциплин, в том числе языков программирования.

В отечественной системе образования все более широкое распространение получает платформа Stepik – современный онлайн-конструктор курсов, предоставляющий интерактивный формат обучения, автоматическую проверку заданий и мгновенную обратную связь. Адаптивное и персонализированное обучение является одним из ключевых приоритетов данной платформы. Ее создатели стремятся предоставить педагогам в области

информационных технологий инновационные инструменты для повышения эффективности и интерактивности образовательного процесса [1]. Однако практика показывает, что в образовательный процесс колледжей платформа Stepik пока недостаточно интегрирована.

Stepik как образовательная система во многом наследует принципы программированного обучения, заложенные Б. Ф. Скиннером. Он рассматривал обучение как процесс последовательного предъявления информации с обязательным контролем и немедленным подкреплением правильного ответа. Такая форма обучения предполагает поэтапное усвоение учебного материала с контролем на каждом шаге. Курсы на платформе Stepik строятся из модулей, содержащих теоретические объяснения, примеры и практические задания. Каждое задание сопровождается мгновенной проверкой, что позволяет обучающемуся получить немедленную обратную связь и своевременно скорректировать ошибки. Это обеспечивает последовательное, контролируемое и доступное освоение языков программирования с учетом индивидуальных особенностей студентов колледжа.

Одним из важнейших дидактических преимуществ Stepik является возможность адаптации темпа и траектории обучения под уровень подготовки студента. Это особенно актуально для колледжей, где в одной группе могут обучаться студенты с различным предшествующим опытом в программировании. Stepik предоставляет возможность вернуться к сложным темам, использовать подсказки, выполнять задания с различным уровнем сложности и продвигаться в индивидуальном ритме. Тем самым обеспечивается реализация персонализированного подхода в обучении [2].

Особую ценность Stepik представляет как среда для формирования прикладных умений и навыков. Задания по программированию выполняются прямо в браузере, что позволяет сразу увидеть результат работы кода. Такая форма обучения способствует развитию алгоритмического мышления, закреплению синтаксических конструкций языка, навыков тестирования и анализа. Это соответствует принципам компетентного подхода, в котором ключевым результатом образовательного процесса становится формирование не просто знаний, а умений применять их в практической деятельности. Как подчеркивает С. А. Щенников, «деятельностная сторона образования должна преобладать над информационной. Это означает, что содержание учебных материалов выстраивается вокруг основных видов деятельности обучающегося, а организация процессов обучения основывается на рефлексии обучающимся собственного опыта и результатов своей учебной деятельности» [4]. В этом контексте Stepik демонстрирует сильную деятельностную направленность: студенты не просто читают и запоминают информацию, а применяют ее при решении задач, получают обратную связь и анализируют свои действия. Это формирует у обучающихся более глубокое понимание материала и прочные практические умения и навыки.

Платформа также способствует формированию у студентов таких профессионально важных «гибких навыков», как планирование собственного времени, рефлексия, критическое мышление при анализе ошибок, а также повышает мотивацию к освоению современных онлайн-инструментов. Применение Stepik в учебном процессе формирует у обучающихся навыки самообразования и саморегуляции, что особенно важно в условиях стремительного развития информационных технологий.

Важным преимуществом платформы Stepik, по мнению преподавателей, является гибкость в конструировании заданий: можно предусмотреть различные способы решения одной и той же задачи, а система автоматически распознает и проверяет корректность каждого варианта. Это особенно ценно при обучении программированию, где к одной задаче может существовать несколько логичных решений. Благодаря встроенной системе тестов можно задать набор входных и выходных параметров, при которых решение считается правильным. Таким образом, платформа помогает студенту не просто воспроизводить образцы, но и вырабатывать устойчивые универсальные навыки программирования, обеспечивая соответствие решения множеству сценариев.

Кроме того, Stepik значительно облегчает преподавателю организацию текущего контроля знаний. Автоматизированная проверка заданий, доступ к аналитике прогресса и возможность отслеживания типичных ошибок позволяют эффективно мониторить успеваемость студентов и при необходимости оперативно реагировать на затруднения [3].

Однако при всех преимуществах цифровых технологий обучение не должно ограничиваться только работой с платформой, поскольку активное участие преподавателя по-прежнему играет важную роль, так как он обеспечивает методическую точность, помогает разобраться в сложных темах, оказывает мотивационную поддержку и направляет студентов в процессе освоения материала. Обучение должно носить комбинированный характер, создавая условия для самостоятельного мышления, выдвижения гипотез и разработки собственных решений под педагогическим сопровождением [5].

Таким образом, платформа Stepik обладает значительным дидактическим потенциалом для эффективной организации обучения языкам программирования в системе профессионального образования. Ее возможности по индивидуализации учебного процесса, развитию практических умений и навыков, формированию цифровых компетенций и обеспечению своевременной обратной связи позволяют интегрировать обучение в современную образовательную среду. Stepik выступает не просто как технологический инструмент, а как важный ресурс, способствующий реализации компетентностного подхода и подготовке востребованных специалистов для цифровой экономики.

## Библиографический список

1. Колоскова, Г. А. Использование платформы Stepik при организации дистанционного обучения / Г. А. Колоскова, О. А. Козлов // Человек в условиях социальных изменений: материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 18 апреля 2023 года. – Уфа: БашГПУ, 2023. – С. 358–361.
2. Профессиональное образование: методология, технологии, опыт внедрения: монография / Е. Н. Трофимов, В. А. Жидких, Н. Н. Лагуева [и др.]. – Москва: ИД Университетская книга, 2022. – 234 с.
3. Симан, А. С. Диагностика учебных достижений студентов в электронной образовательной среде колледжа / А. С. Симан, В. В. Жилыева // День работников сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности: сборник трудов конференции, Москва, 14–15 октября 2019 года. – Москва: РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2020. – С. 123–128.
4. Щенников, С. А. Дидактика электронного обучения / С. А. Щенников // Высшее образование в России. – 2010. – № 12. – С. 83–90.
5. Яковлева, Е. В. Итоги опытно-экспериментальной работы по оценке эффективности электронного курса на основе программированного обучения / Е. В. Яковлева, Т. Г. Макусева, О. Н. Макусев // Человеческий капитал. – 2023. – № 9 (177). – С. 118–125.

УДК 377.1:004.89

## WEB-СЕРВИС ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА

**Петриченко Владимир Олегович**, студент 1 курса магистратуры института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, vldmtrpetrichenko@gmail.com

**Научный руководитель – Симан Алексей Сергеевич**, к.п.н., доцент, доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, siman@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье представлен разработанный web-сервис диагностики учебных достижений студентов колледжа, функциональные возможности которого позволяют осуществить эффективный контроль качества образования. Обоснована необходимость его применения для автоматизации оценки, оперативного анализа результатов и повышения объективности контроля знаний в системе среднего профессионального образования.*

***Ключевые слова:** web-сервис, диагностика учебных достижений студентов, автоматизация контроля знаний, мониторинг успеваемости, объективное оценивание, аналитика образовательных результатов.*

В условиях стремительной цифровизации образования, когда традиционные методы передачи знаний сталкиваются с необходимостью адаптации к новым технологическим реалиям и растущим требованиям к эффективности учебного процесса, особую ценность приобретают специализированные онлайн-платформы [1]. Такие сервисы решают сразу несколько ключевых задач: они позволяют не только систематизировать разнородный учебный материал в логически выстроенную структуру, но и автоматизировать рутинные процессы контроля знаний, существенно снижая административную нагрузку на преподавателей и повышая объективность оценки.

В связи с вышесказанным нами разработан инновационный web-сервис по дисциплине «Архитектура аппаратных средств» — современный цифровой инструмент, функционал которого учитывает потребности как студентов, так и преподавателей технических специальностей. Платформа выступает в роли единой экосистемы, где органично объединены три важнейших компонента: теоретическая база, интерактивное тестирование с автоматической проверкой, а также аналитический модуль. Всё это функционирует в рамках единого цифрового пространства, что даёт возможность реализовать непрерывность образовательного процесса, обеспечить персонализированный подход к

обучению и повысить общую эффективность освоения сложной технической дисциплины.

Первый компонент – теоретическая база сервиса, обеспечивающая системное освоение дисциплины «Архитектура аппаратных средств». В её основе — тщательно структурированные учебные модули, охватывающие все ключевые разделы курса. Материал выстроен в логической последовательности: от базовых понятий к сложным техническим аспектам, что позволяет студентам постепенно увеличивать уровень сложности. Каждый модуль содержит чёткие формулировки основных положений, последовательное изложение концепций и примеры практического применения теоретических знаний.

Для повышения наглядности и облегчения восприятия информации [2] в теоретический блок интегрированы мультимедийные материалы. Дополнительно пользователи получают доступ к ссылкам на актуальную нормативную документацию и отраслевые технические стандарты. Важным элементом базы является глоссарий специализированных терминов — он содержит развёрнутые пояснения ключевых понятий, что помогает студентам быстро уточнить значения и углубить понимание предметной области.

Второй компонент – система тестирования. Она представляет собой многофункциональный инструмент контроля и оценки знаний, обеспечивающий объективную диагностику уровня усвоения материала. Ключевой особенностью системы являются автоматизированные контрольные задания с мгновенной проверкой, позволяющие обучающимся сразу получать обратную связь о результатах. Это существенно ускоряет процесс обучения: студент видит свои ошибки в режиме реального времени и может оперативно корректировать пробелы в знаниях. При этом система сохраняет все результаты тестирования, формируя детальную статистику по каждому пользователю для последующего анализа динамики успеваемости.

Важным компонентом системы выступают адаптивные тесты разного уровня сложности, которые подстраиваются под индивидуальные возможности обучающегося, обеспечивая персонализированный подход к оценке знаний. Для поддержания актуальности цифрового образовательного контента функционирует регулярно обновляемый банк вопросов, куда добавляются новые задания и исключаются устаревшие. Кроме того, система предоставляет преподавателям гибкие инструменты для создания тестов: формирование индивидуальных наборов заданий, настройка параметров тестирования и определение критериев оценки.

Кабинет преподавателя представляет собой панель управления мониторингом учебного процесса, где педагог может оперативно анализировать успеваемость групп, а также гибко настраивать параметры тестирования: выбирать тематические блоки заданий, устанавливать лимит времени на выполнение и задавать весовые коэффициенты для отдельных вопросов, чтобы дифференцировать их значимость при подсчёте итогового балла.

Система тестирования даёт существенные преимущества: студентам предоставляется постоянный доступ к актуальному учебному материалу, мгновенной проверке уровня знаний без ожидания обратной связи, а также обучающиеся могут выявить пробелы в знаниях благодаря детализированной персональной статистике и отработать сложные темы с помощью индивидуально подобранных вопросов; преподавателям, в свою очередь, предоставляется набор инструментов оперативного контроля подготовки всей группы, возможность выявить системные пробелы в знаниях обучающихся [3], формировать дифференцированные задания для обучающихся с низким уровнем успеваемости, что позволит существенно сократить время на разработку диагностики и мониторинг образовательных результатов.

Платформа построена с учётом требований масштабируемости и безопасности. В её основе – реляционная база данных с таблицами для тем, вопросов, тестов и результатов. Интерфейс выполнен в адаптивном дизайне и имеет интуитивно понятную навигацию [4]. Для защиты данных реализована ролевая модель доступа (студент/преподаватель/администратор) и применяется хэширование паролей.

В перспективе планируется значительное расширение функциональных возможностей сервиса. Среди ключевых направлений развития – добавление новых дисциплин (например, «Операционные системы» и «Сетевые технологии»), внедрение элементов геймификации (рейтинги и достижения), интеграция с виртуальными лабораториями для моделирования аппаратных схем, а также разработка и поддержка мобильных приложений [5].

Таким образом, разработанный web-сервис сочетает в себе продуманную архитектуру, ориентированную на масштабируемость и безопасность, и перспективный план развития, предусматривающий расширение функционала. Существующие технические решения (адаптивный интерфейс и ролевая модель доступа) обеспечивают надёжную работу системы, а запланированные нововведения (добавление дисциплин, геймификация, интеграция с виртуальными лабораториями и поддержка мобильных приложений) открывают широкие возможности для дальнейшего роста и повышения удобства пользователей.

#### Библиографический список

1. Руководство по запуску EdTech – Москва – URL: <https://pages.awscloud.com/aws-edtech-startup-guide> (дата обращения: 01.06.2025).

2. Хортон У. Электронное обучение: инструменты и технологии / У. Хортон, К. Хортон, перевод с английского Ю.В. Алабина // Современное. Практично. Надежно — 2005. — 638 с.

3. Симан, А. С. Диагностика учебных достижений студентов в электронной образовательной среде колледжа / А. С. Симан, В. В. Жилиева // День работников сельского хозяйства и перерабатывающей

промышленности : сборник трудов конференции, Москва, 14–15 октября 2019 года. – Москва : РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2020. – С. 123–128.

4. Маркотт И. Отзывчивый веб-дизайн / И. Маркотт под редакцией Рапопорт Т., перевод с английского П. Миронов – Москва : МИФ, 2012 – 176 с.

5. Сибел, Т. Цифровая трансформация. Как выжить и преуспеть в новую эпоху / Т. Сибел. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2021. — 320 с.

УДК 631.363

## **ИНТЕГРАЦИЯ ПЛАТФОРМЫ «МОСКОВСКАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ШКОЛА» В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ В КОЛЛЕДЖЕ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**Костюченко Софья Дмитриевна**, магистрантка 2 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, kost.sofia@yandex.ru

**Научный руководитель – Шингарева Марина Валентина**, к.п.н., доцент, доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, shingareva@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье анализируются возможности интеграции платформы «Московская электронная школа» (МЭШ) в систему управления качеством образования в колледжах. Рассматриваются ключевые функциональные возможности МЭШ, включая ведение электронного журнала, доступ к образовательным ресурсам, инструменты тестирования и механизмы обратной связи. Особое внимание уделяется перспективам использования аналитических отчётов для принятия обоснованных решений по повышению качества образования.*

***Ключевые слова:** диагностика учебных достижений студентов колледжа, качество образовательного процесса, цифровая платформа «Московская электронная школа».*

В условиях современных вызовов, стоящих перед системой среднего профессионального образования, эффективный мониторинг образовательных результатов становится ключевым элементом обеспечения качества подготовки квалифицированных специалистов, соответствующих актуальным запросам рынка труда. Цифровая платформа МЭШ предлагает комплексный инструментарий, позволяющий не только отслеживать академические достижения студентов, но и анализировать формирование у них профессиональных компетенций, выявляя сильные стороны и зоны роста для успешной интеграции в профессию.

Цель статьи – анализ ключевых функций МЭШ, обеспечивающих мониторинг образовательных результатов студентов колледжа, и оценка их влияния на качество обучения и оптимизацию образовательного процесса.

В научной педагогической литературе активно обсуждается дидактический потенциал и эффективность МЭШ как нового, проходящего апробацию электронного образовательного ресурса [1, 2, 3, 4]. Исследователи определяют МЭШ как облачную интернет-платформу, объединяющую объемный образовательный контент – взаимосвязанные комплексы функциональных блоков для обучения и инструменты для их создания.

Ключевой характеристикой платформы выступает ее интеграционная функция: МЭШ объединяет различные образовательные ресурсы и сервисы (электронные журналы, тестовые системы, системы проектирования образовательных программ), обеспечивая равный доступ всем участникам образовательного процесса.

Большинство существующих исследований посвящено применению МЭШ в школьном образовании, тогда как специфика её использования в системе среднего профессионального образования изучена недостаточно. В настоящее время платформа, уже доказавшая свою эффективность в школах города Москвы, активно адаптируется для колледжей с учётом их особенностей, но с сохранением всех ранее выявленных преимуществ.

Важным преимуществом МЭШ является возможность ведения электронного журнала, который позволяет преподавателям фиксировать оценки, посещаемость и иные показатели успеваемости студентов. Это не только упрощает процесс учета, но и делает его более прозрачным для всех участников – преподавателей, студентов и их родителей. Наличие доступа к актуальной информации в режиме реального времени способствует более оперативному реагированию на проблемы в обучении и своевременному принятию мер по их устранению.

МЭШ играет ключевую роль в интеграции разнообразных образовательных ресурсов. Студенты получают доступ к обширной базе электронных материалов: учебникам, видеоурокам и интерактивным заданиям. Это создает условия для самостоятельной работы и углубленного изучения материала. Студенты могут использовать эти ресурсы для подготовки к занятиям и выполнения домашних заданий, что повышает их вовлеченность в учебный процесс. В настоящее время в систему активно загружаются сценарии уроков и учебные пособия по профессиональным дисциплинам. Весь контент проходит обязательную модерацию и проверку. Это позволяет создать качественный образовательный продукт, который соответствует методическим, техническим и содержательным требованиям, установленным Московским центром развития профессионального образования.

Для преподавателей МЭШ – это ещё и удобный конструктор тестов. Тесты позволяют оперативно оценивать знания студентов. Они могут быть как формирующими, так и итоговыми, что помогает отслеживать прогресс учащихся на всех этапах обучения. Автоматизированная проверка экономит время педагогов, позволяя сосредоточиться на анализе результатов [5].

МЭШ предоставляет удобный механизм обратной связи по выполненным заданиям, что является важным элементом современного образовательного процесса. Студенты получают от преподавателей не только оценки, но и развернутые комментарии, рекомендации по устранению ошибок и советы для дальнейшего развития. Это способствует осмысленному обучению, позволяет студентам понять свои сильные и слабые стороны и

работать над их улучшением. Таким образом, обратная связь превращается из простого оценивания в инструмент непрерывного роста и мотивации.

В ближайшее время в МЭШ станет доступной функция формирования различных отчётов и статистики по успеваемости студентов. Эти отчеты могут включать данные о среднем балле, динамике успеваемости, а также сравнительный анализ результатов между группами и предметами. Преподаватели смогут использовать эти данные для оптимизации учебного процесса по своей дисциплине, а администрация колледжа – для объективной оценки программ и работы педагогов, что позволит принимать стратегические решения по повышению качества образования на основе точных отчётов, а не субъективных мнений. Преподаватели колледжа смогут использовать эти данные для принятия обоснованных решений по оптимизации учебного процесса, администрация колледжа – объективно оценивать эффективность образовательных программ и работы педагогического состава, распределять ресурсы и разрабатывать стратегии повышения качества образования на основе точных отчетов, а не субъективных мнений. Кроме того, отчёты будут полезны родителям: они позволят им отслеживать успехи своих детей. Обладая полной информацией, родители смогут не только своевременно выявлять возникающие трудности, но и активно участвовать в их решении, конструктивно взаимодействуя с преподавателями и студентом. Это позволит разделить ответственность за образовательный результат между всеми участниками процесса.

Таким образом, МЭШ не только оптимизирует учебный процесс, но и создает принципиально новую образовательную среду – целостную и прозрачную, где каждый участник владеет данными и инструментами для активного влияния на образовательные результаты.

#### Библиографический список

1. Зиновьева, Т. И. «Московская электронная школа» как фактор информатизации образования / Т. И. Зиновьева, Ж. В. Афанасьева, А. В. Богданова – Текст: непосредственный // Нижегородское образование. – 2019. – № 2. – С. 19–26.

2. Куприяшина, Е. Г. Технологии МЭШ в практике современного учителя / Е. Г. Куприяшина – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы дошкольного и начального образования: Материалы научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов в рамках «Дней науки МГПУ-2019». – 2019. – С. 26–30.

3. Кубрушко, П. Ф. Формирование цифровой компетентности преподавателя колледжа в процессе непрерывного образования / П. Ф. Кубрушко, М. В. Шингарева, Ю. А. Атапина – Текст: непосредственный // Вестник РМАТ. – 2021. – № 2. – С. 78-84.

4. Цаплина, О. В. Подготовка педагогов к оценке качества образовательного контента «Московская электронная школа» / О. В. Цаплина

– Текст: непосредственный // Известия института педагогики и психологии образования. – 2017. – № 3. – С. 21–25.

5. Чекалина, С. В. Московская электронная школа как средство повышения эффективности и качества образования / С. В. Чекалина. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 2 (240). – С. 385–388.

## СЕКЦИЯ 16. WEB-РАЗРАБОТЧИК ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ БИЗНЕСА В АПК

УДК 004.9 + 528.9

### РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ КАМПУСА ТИМИРЯЗЕВКИ

**Калин Фёдор Валерьевич**, студент 3 курса бакалавриата института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, kalinfed2000@gmail.com

**Походняк Даниил Васильевич**, студент 3 курса бакалавриата института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, daniilpohodnyak@yandex.ru

**Научный руководитель – Ермолаева Ольга Сергеевна.**, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, ol\_ermolaeva@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В работе рассмотрены теоретические основы разработки интерактивного картографического веб-сервиса для навигации по территории кампуса РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Описаны методология организации геопространственных данных, структура атрибутивной информации различных типов объектов и принципы построения.*

***Ключевые слова:** веб-ГИС, картографический сервис, навигация, геоданные, методология, университетский кампус*

Навигация по территории распределенных по площади крупных университетских кампусов представляет собой актуальную задачу как для студентов и сотрудников, так и для гостей учебного заведения. Территория РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, общей площадью более 550 га и NN строениями, включими в себя учебные корпуса, лаборатории, общежития и объекты инфраструктуры, экспериментальные поля, производственные и товарореализационные площадки [1]. Это затрудняет ориентирование, особенно для тех, кто не знаком с территорией (абитуриенты, первокурсники, гости Университета). Существующие картографические решения на рынке (ЯндексКарты, Google карты) не в полной мере могут удовлетворить потребности пользователей РГАУ-МСХА, поэтому было принято решение о разработке специализированного решения для навигации по кампусу.

Анализ потребностей пользователей показал, что ключевые функции разрабатываемого сервиса включают: поиск объектов на территории кампуса по категориям (учебные корпуса, аудитории, кафедры, деканаты, столовые и кафе, библиотеки, спортивные объекты, парковки), отображение информации по объектам интереса, маршрутизацию и отображение поэтажных планов

зданий [2]. При этом система должна обеспечивать автодополнение запросов в режиме реального времени, историю последних поисковых запросов, фильтрацию результатов по категориям, обработку синонимов и типичных опечаток. Система поэтажных планов предполагает отображение детализированной информации о внутренней структуре зданий с возможностью навигации между этажами и поиска конкретных помещений.

Для разработки картографического сервиса был выбран современный технологический стек: фреймворк Next.js версии 14 на базе библиотеки React 18, обеспечивающий серверный рендеринг и оптимизацию загрузки страниц. Для работы с географическими данными использована библиотека OpenLayers версии 8.2.0.

Одним из ключевых этапов разработки стал сбор и верификация геопространственных данных о территории кампуса. Процесс включал несколько этапов: извлечение базовых данных из OpenStreetMap, актуализация и сбор информации «на местности» о зданиях и объектах инфраструктуры, создание атрибутивных описаний и преобразование данных в формат GeoJSON.

Все геопространственные данные в проекте организованы в формате GeoJSON согласно спецификации RFC 7946. Каждый файл данных представляет собой коллекцию объектов (FeatureCollection) и содержит массив географических объектов (features), каждый из которых включает геометрию и набор атрибутивных свойств.

Для эффективной организации картографической информации была разработана структура атрибутивных данных различных типов объектов кампуса.

Таблица 1

**Структура атрибутивных данных различных типов объектов**

Тип объекта	Геометрия	Ключевые атрибуты	Описание
Здания университета	MultiPolygon	building, name, building_number, address, level, description,	Полигональные объекты зданий с метаданными из OSM и дополненными атрибутами о назначении, этажности и исторической значимости
Точки интереса (POI)	Point	id, name, image	Точечные объекты сервисов (кафе, банкоматы, деканаты, кафедры) с различной информацией
Транспортные объекты	MultiPolygon / Point	type, name, line, transfers, next_stations, working_hours, first_train_time, last_train_time	Станции метро, остановки наземного транспорта с данными о маршрутах, пересадках и расписании
Поэтажные планы	MultiPolygon	id, building_id, level, room, name, type	Детализированная геометрия помещений с привязкой к этажу и назначению комнат
Природные объекты	Polygon	id, natural	Парки, водоемы, зеленые зоны с типологией и наименованием

Инфраструктура	LineString / Polygon	highway, surface, width	Дорожная сеть и пешеходные пути с характеристиками покрытия
----------------	----------------------	-------------------------	---

Структура данных формата JSON обеспечивает гибкость в описании различных типов объектов кампуса, позволяет легко расширять набор атрибутов и поддерживает стандартные операции пространственного анализа в геоинформационных системах.

При сборе данных выявлено отсутствие систематизированной информации о многих объектах кампуса. Для поэтажных планов отсутствует нумерация большинства помещений, что ограничивает возможности навигации внутри зданий. Решение этой проблемы требует дополнительной работы по сбору информации.

Поддержание актуальности информации об объектах кампуса представляет организационную проблему, требующую разработки процедур периодической верификации и обновления данных.

Разработанная методология организации геопространственных данных для картографического сервиса университетского кампуса основана на открытых стандартах и обеспечивает гибкость в описании различных типов объектов. Предложенная структура атрибутивных данных позволяет эффективно хранить и обрабатывать информацию о зданиях, инфраструктуре, транспорте и других объектах территории. Предложенная методология может служить основой для аналогичных проектов в других образовательных учреждениях.

#### Библиографический список

1. Прототип пешеходного маршрутизатора по территории кампуса РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева на облачной платформе ArcGIS Online / А. М. Зейлигер, О. С. Ермолаева, Н. Г. Волохо, Р. В. Вершинин // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2017. – Т. 2, № 2. – С. 11-20. – EDN ZNAQOL.

2. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: официальный сайт, карта кампуса. <https://www.timacad.ru/?ysclid=mgqs8v4cil768124897У-МСХА> (дата обращения: 11.10.2025).

3. Creating Basemaps with QTiles. [https://www.qgistutorials.com/en/docs/creating\\_basemaps\\_with\\_qtiles.html](https://www.qgistutorials.com/en/docs/creating_basemaps_with_qtiles.html) (дата обращения: 11.10.2025)

УДК 004.9 + 528.9

## **ПРОТОТИП ВЕБ-СЕРВИСА КАМПУСА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА**

**Походняк Даниил Васильевич**, студент 3 курса бакалавриата института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, daniilpohodnyak@yandex.ru

**Калин Фёдор Валерьевич**, студент 3 курса бакалавриата института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, kalinfed2000@gmail.com

**Шаманский Даниил Павлович**, студент 3 курса бакалавриата института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, Shamanskij100@mail.ru

**Мехтиев Руслан Анарович**, студент 3 курса бакалавриата института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, mekhtiev63@yandex.ru

**Научный руководитель – Ермолаева Ольга Сергеевна**, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, ol\_ermolaeva@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В работе представлена практическая реализация картографического веб-сервиса для навигации по территории кампуса РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с использованием современных веб-технологий. Описаны технологический стек, архитектура решения, реализация интерфейса и системы поэтажных планов, а также методы решения технических проблем.*

***Ключевые слова:** веб-ГИС, React, Next.js, OpenLayers, интерфейс, поэтажные планы, оптимизация*

Для разработки веб-сервиса для навигации по территории кампуса РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева был выбран современный технологический стек: фреймворк Next.js версии 14 на базе библиотеки React 18, обеспечивающий серверный рендеринг и оптимизацию загрузки страниц. Для работы с географическими данными использована библиотека OpenLayers версии 8.2.0, поддерживающая формат GeoJSON. Предобработка картографических слоев и подготовка геопространственных данных была проведена в программном комплексе QGIS. Для реализации функции поиска интегрирована библиотека Fuse.js версии 7.0 с нечетким поиском и автодополнением.

Архитектура приложения построена по принципу статической генерации с клиентской интерактивностью. Картографические данные организованы в виде набора GeoJSON файлов по категориям, базовая подложка реализована в виде растровых тайлов на основе OpenStreetMap.

Система поиска охватывает учебные корпуса, аудитории, кафедры, деканаты, столовые, библиотеки, спортивные объекты и парковки. Включает автодополнение в режиме реального времени, историю запросов, фильтрацию по категориям и обработку опечаток.

Пользовательский интерфейс приложения организован в виде полноэкранный интерактивной карты с панелями управления. Реализована система фильтров для переключения между категориями объектов и управления видимостью слоёв.

При выборе объекта карта центрируется на его местоположении, а боковая панель отображает детальную информацию (рисунок 1). Клик на объект выводит на информационную панель информации, содержащую название, адрес объекта, описание, контакты и фотографию.

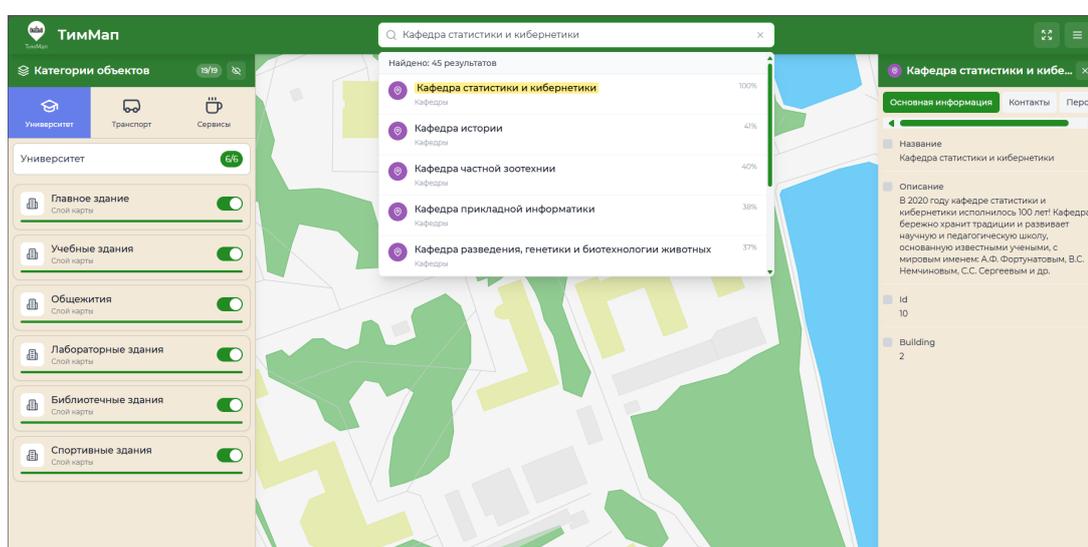


Рисунок 1 – Основной интерфейс приложения

В качестве пилотного объекта для реализации доступа к поэтажным планам был выбран первый учебный корпус с планами трёх этажей. Для этого была проведена оцифровка исходных чертежей поэтажных планов корпуса с последующей геопривязкой соответствующих объектов. Для каждого этажа созданы отдельные GeoJSON файлы с контурами помещений, коридоров и лестничных клеток.

Отображение поэтажных планов в сервисе было реализовано в виде отдельного режима со слайдером, позволяющим осуществлять переключение между этажами. План текущего этажа визуализируется как векторный слой, наложенный на общую карту (рисунок 2).

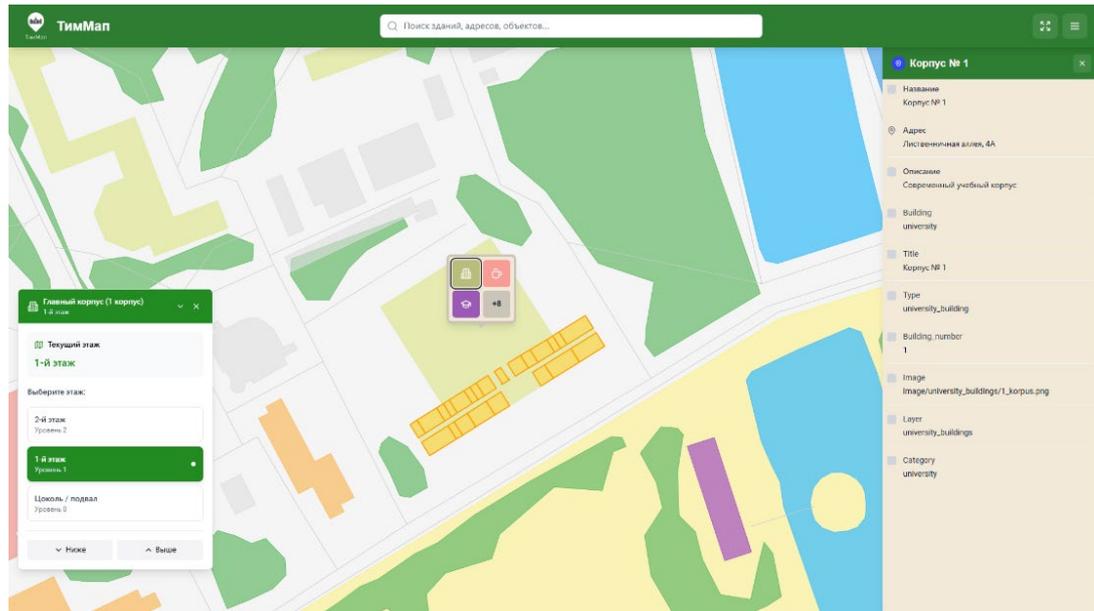


Рисунок 2 – Пилот поэтажного плана корпуса

Библиотека OpenLayers, была выбрана как одно из наиболее функциональных открытых решений для создания веб-ГИС приложений. Она поддерживает различные форматы геоданных, включая GeoJSON, который был выбран в качестве основного формата хранения векторных данных в проекте и добавляет около 500 КБ в финальный пакет приложения. Реализован динамический импорт модулей для загрузки компонентов только при необходимости и клиентское кэширование слоёв данных. Проведено упрощение геометрии полигонов для сокращения размера файлов без потери точности.

Данные обновляются вручную разработчиками. Часть информации (списки кафедр и деканатов) автоматически извлекаются с сайта университета. Для остальных объектов предусмотрена периодическая верификация.

Создан функциональный прототип с поиском и визуализацией более 40 категорий объектов, включая учебные корпуса, инфраструктуру, транспорт и природные территории. Текущая версия готова к развёртыванию.

Планируется реализация построения маршрутов с учётом пешеходных дорожек и доступности для людей с ограниченными возможностями, разработка поэтажных планов для всех основных корпусов, оффлайн-режим работы и функции дополненной реальности.

Разработанный картографический сервис представляет современное решение для навигации по университетскому кампусу на основе открытых веб-технологий. Модульная архитектура обеспечивает гибкость и возможность развития. Решение может служить основой для аналогичных проектов в других учреждениях.

#### Библиографический список

1. Прототип пешеходного маршрутизатора по территории кампуса РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева на облачной платформе ArcGIS Online / А.

М. Зейлигер, О. С. Ермолаева, Н. Г. Волохо, Р. В. Вершинин // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2017. – Т. 2, № 2. – С. 11-20. – EDN ZNAQOL.

2. Node.js: JavaScript runtime built on Chrome's V8 JavaScript engine. URL: <https://nodejs.org/en> (дата обращения: 11.10.2025).

3. OpenLayers: A high-performance, feature-packed library for all your mapping needs. URL: <https://openlayers.org/> (дата обращения: 11.10.2025).

4. QGIS: A Free and Open Source Geographic Information System. URL: <https://qgis.org/> (дата обращения: 11.10.2025).

УДК 631.17

## РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОРМОВЫХ ТРАВ

**Авдеев Станислав Андреевич**, аспирант кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, avdeev.stanislav@yandex.ru;

**Гусев Никита Сергеевич** – аспирант кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, guseffnikita@mail.ru.

**Научные руководители** – **Худякова Елена Викторовна**, д.э.н., профессор, профессор кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, evhudyakova@rgau-msha.ru; **Степанцевич Марина Николаевна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, stepantsevich@rgau-msha.ru;

***Аннотация.** Важным моментом заготовки кормов высокого качества для скота является оперативное определение химического состава трав. В частности, современные цифровые технологии позволяют определять содержание азота в растениях. В статье предлагается архитектура веб-приложения для реализации данной задачи.*

***Ключевые слова:** цифровые технологии в АПК, архитектура веб-приложения, дистанционное зондирование посевов, химический состав корма, оптимизация сроков заготовки кормов.*

Корма из трав (сено, силос, сенаж, зеленый корм) в рационе крупного рогатого скота составляет до 80 %. Поэтому сельхозпредприятиям важно обеспечить эффективное производство многолетних и однолетних трав. Эффективное производство, кроме всех прочих факторов, предполагает оптимизацию сроков скашивания трав. Отклонение от этих сроков может сопровождаться потерей питательности кормов до 20 %. Химический анализ состава трав нужно производить в кратчайшие сроки и, как правило, на больших территориях.

Уровень развития цифровых технологий позволяет сегодня использовать для этого дистанционный спутниковый мониторинг и определять некоторые составляющие корма, который включает такие элементы как: сырой протеин, жир, безазотистые экстрактивные вещества, сырая клетчатка и зола [2]. Прежде всего, дистанционно, на основе спутниковых снимков можно определять содержание азота (сырого протеина).

Архитектура такой информационной системы основывается на веб-технологиях. На сегодняшний день существует два вида системных архитектур веб-приложений: монолитная и микросервисная (таблица 1) [1].

Таблица 1

### Сравнительный анализ архитектур веб-приложений

Критерий	Монолитная архитектура	Микросервисная архитектура
Структура	Все модули приложения интегрированы в единую исполняемую среду, что обеспечивает целостность и согласованность данных.	Система разбита на независимые сервисы, взаимодействующие друг с другом через стандартизированные интерфейсы.
Развертывание	Как правило, приложение разворачивается в виде одного блока, что ускоряет процесс внедрения и облегчает сопровождение.	Каждый микросервис разрабатывается, тестируется и внедряется отдельно, что требует дополнительной настройки.
Масштабируемость	Масштабирование осуществляется путем создания реплик всего приложения, что эффективно при однородных нагрузках.	Позволяет масштабировать отдельные сервисы, что особенно полезно при разнородных или пиковых нагрузках в отдельных элементах системы.
Управление	Управление приложением и его обновлениями централизовано, что облегчает контроль версий и упрощает диагностику сбоев.	Требует организации унифицированных процессов управления и мониторинга для поддержания согласованной работы всего комплекса сервисов.
Производительность	За счет отсутствия необходимости сетевого взаимодействия между модулями достигается минимальное время отклика.	Возможны дополнительные задержки из-за сетевого взаимодействия.
Безопасность	Общая система безопасности для всего приложения, что упрощает управление доступом и безопасностью.	Каждый сервис требует индивидуального рассмотрения политики безопасности, увеличивается площадь потенциальных уязвимостей.

С целью соблюдения определенной бизнес-логики и необходимости централизованного контроля процессов в системе мы предлагаем использовать монолитную архитектуру, которая в наибольшей степени подходит для малых и средних систем.

В реализуемой системе выделяется несколько основных элементов: клиентская часть приложения, серверная часть приложения, база данных, внешние сервисы для получения спутниковых снимков и нейросетевой модуль. Общение между клиентской и серверной частью, а также между серверной частью и внешними API предполагается производить посредством HTTP-запросов [3]. Протокол HTTP предполагает клиент-серверный способ взаимодействий, где клиент формирует и отправляет запрос, а сервер его обрабатывает и возвращает ответ. Клиентская часть приложения реализована как одностороннее приложение (SPA) на Vue.js [3]. Она обеспечивает пользовательский интерфейс для удобного взаимодействия с картографическими данными и формирования запросов к серверной части. Приложение использует Яндекс-Карты для визуализации пространственных данных и операций с полигонами. Серверная часть приложения построена по RESTful принципам с использованием слоистой архитектуры [5]. Она выступает центральным координатором системы, обрабатывая запросы от клиента и взаимодействуя с внешними сервисами. Нейросетевой модуль является аналитическим ядром приложения, именно она отвечает за измерения процента азота в посевах кормовых трав. База данных хранит информацию о пользователях и результатах анализа. Для обеспечения целостности данных используется реляционная модель с транзакционной поддержкой.

**Благодарности:** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00377, <http://rscf.ru/project/25-26-00377/>

#### Библиографический список

1. Кулаков К.А., Димитров В.М. Архитектура и фреймворки веб-приложений: учебное электронное пособие. - Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2020 - лектрон. опт. диск (CD-ROM).
2. Тукфатулин, Г.С. Эффективность сбалансированного кормления коров для получения высококачественного молока в условиях интенсификации кормопроизводства: монография / Тукфатулин Г. С. Гогаев О. К., Годжиев Р. С. - Владикавказ: Изд-во ФГБОУ ВО "Горский госагроуниверситет", 2018. - 214 с.
3. Фомичева, С.Г. Клиент-серверные базы данных: учеб.-метод. Пособие/С.Г. Фомичева. - Норильск: Нор. индустриал. ин-т, 2005. - 155 с.
4. Фролов, С.И. Visual Understanding Environment (VUE) / С. И. Фролов. - Москва: [б. и.], 2022. - 122 с.
5. Шамардин, Л.В. Принципы построения грида с использованием RESTful-веб-сервисов: автореферат дис. ... кандидата физико-математических наук: 05.13.11 / Шамардин Л.В. - Москва, 2011. - 16 с.

## СЕКЦИЯ 17. АДМИНИСТРАТОР БАЗ ДАННЫХ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 637.073

### РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА МАЙОНЕЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

**Демичев Владимир Васильевич** преподаватель Технологического колледжа, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, demichev.vladimir@rgau-msha.ru

**Андреев Владимир Николаевич** к.т.н., доцент, преподаватель Технологического колледжа, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, v.andreev@rgau-msha.ru

**Научный руководитель – Бредихин Сергей Алексеевич**, д.т.н., профессор, профессор кафедры процессов и аппаратов и перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, sbredihin\_kpia@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье проведен системный анализ технологической линии производства майонезной продукции с применением, разработанной нами программы для ЭВМ. В ходе системных исследований линии производства было выявлено "узкое место" технологической системы. Так же было дано заключение о целесообразности и применяемости разработанной программы для ЭВМ.*

***Ключевые слова:** системный анализ, майонез, периодическим способом, программа для ЭВМ, априорное ранжирование.*

Системный анализ одна из основных методологий использующихся при анализе технологических линий пищевой промышленности. Поскольку в настоящее время публикаций по исследованию свойств майонезной продукции мало, а системных исследований линией производства майонезной продукции практически нет, то исследование вопроса можно считать целесообразным.

Один из методов системного анализа линии производства майонезной продукции является модель черного ящика. Модель характеризует влияние внешних факторов на технологическую систему, а также влияние внешних факторов на конечный результат работы системы. Под системой в модели черного ящика обычно принимаю всю технологическую линию, однако для более детального анализа данный метод применяют и к подсистеме. Применительно к технологической линии производства майонезной продукции нами была составлена модель черного ящика [2].

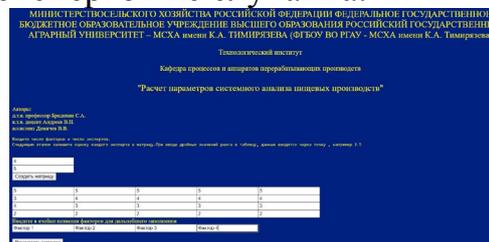
Априорное ранжирование факторов является неотъемлемой частью системного анализа. Основные этапы априорного ранжирования будут рассмотрены ниже. Первым этапом априорного ранжирования факторов является сбор экспертов, работающих в той области, в которой необходимо произвести ранжирование не менее 5 лет. Затем для экспертов из модели черного ящика формируется ряд факторов, имеющих влияние на систему производства майонезной продукции. После формирования списка факторов, экспертам предлагается оценить от 1 до  $n$  (где  $n$  - количество экспертов). 1 соответствует максимальному воздействию фактора на систему,  $n$  - минимальному. После оценки экспертами факторов рассчитывается степень согласованности экспертов.

Если коэффициент конкордации больше 0,5, то эксперты согласованы во мнении. Если же коэффициент конкордации меньше 0,5 соответственно эксперты не согласованы во мнении.

После расчета коэффициента конкордации рассчитывается коэффициент хи квадрат, позволяющий определить, насколько степень согласованности экспертов не случайна.

Затем строится априорная диаграмма рангов, характеризующая наглядно какой из факторов, имеет наибольшее влияние на систему. Исходя из сложности методики априорного ранжирования и возможной ошибки во время проведения априорного ранжирования факторов, необходимо было разработать программное обеспечение.

По результатам разработки было получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ в ФИПС [1]. Работу программы для ЭВМ можно описать следующим образом. Ввод данных по рангам и экспертам осуществляется как показано на рисунке 1. Затем в программу вводится оценка каждого эксперта по каждому фактору. После нажатия на кнопку "рассчитать матрицу" программа для ЭВМ выводит значение коэффициента конкордации и расчетное значение коэффициента хи-квадрат. Полученный коэффициент сравнивается с табличным значением коэффициента и выводится результат о том, что согласованность экспертов не случайна.



**Рисунок 1 – Заполнение пользователем информации о количестве факторов, количестве эксперта, оценки экспертами факторов.**

После расчетов коэффициента конкордации и критерия хи-квадрат программа в автоматическом режиме строит априорную диаграмму рангов. Применительно к линии производства майонеза периодическим способом априорная диаграмма рангов будет иметь следующий вид как показано на рисунке 2.

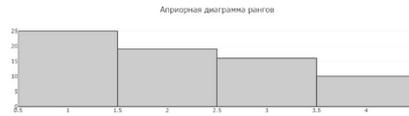


Рисунок 2 – Априорная диаграмма рангов

Таким образом разработанная программа для ЭВМ "Расчет параметров системного анализа пищевых производств» позволяет сильно упростить расчет априорного ранжирования. Разработанная программа для ЭВМ может быть актуальна при обучении студентов системному анализу технологических линий пищевых производств, так же на производстве для выявления "узкого места линии" и дальнейшей модернизации или замены проблемного участка.

#### Библиографический список

1. Демичев, В. В., Назарова, А. П., Андреев, В. Н. Системный анализ линии производства майонеза периодическим способом с применением программы для ЭВМ / В. В. Демичев, А. П. Назарова, В. Н. Андреев [Текст] // Пищевая индустрия: инновационные процессы, продукты и технологии. — Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2024. — С. 43-49.
2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ No 2024616369 Российская Федерация. Расчет параметров системного анализа пищевых производств: No 2024614889: заявл. 11.03.2024: опубл. 19 .03.2024 / Демичев В. В. Андреев В. Н. Бредихин С. А.—3 с.

УДК 371.67(66)

## **БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА**

**Вельтищева Анастасия Юрьевна**, студентка 3 курса Технологического института, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, nastya\_veltishcheva@mail.ru

**Научный руководитель – Бредихин Сергей Алексеевич**, д.т.н., профессор, профессор кафедры Процессы и аппараты перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева sbredihin\_kpia@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Создана база данных по технологическому оборудованию переработки молока. Разработана электронная версия учебника пособия Технологическое оборудование переработки молока.*

***Ключевые слова:** базы данных, учебник, технологическое оборудование, переработка молока.*

База данных представляет собранное множество записей различных сведений. Они необходимы, чтобы у пользователей была возможность сразу получить доступ к большому объему данных для осуществления разного рода операций и видов деятельности.

Совершенствование учебно-методической деятельности является одним из основных направлений развития и внедрения инновационных технологий в образование, направленных на использования электронных учебных материалов в учебный процесс.

Целью проекта является создание электронного учебника по дисциплине «Технологическое оборудование переработки молока».

Основными задачами для решения поставленной цели являлись:

- ◆ разработка, систематизация и редактирование текстового материала по дисциплине «Технологическое оборудование переработки молока»;
- ◆ разработка и подготовка иллюстраций, рисунков, схем;
- ◆ разработка, систематизация и редактирование контрольных вопросов по главам учебника;
- разработка программ для создания электронного учебника;
- редактирование, настройка программ;
- подбор, систематизация и обработка видеофильмов по теме.

В основу создания электронного учебника были следующие основные принципы и информационные технологии:

- интеграция содержания учебника на основе использования межпредметных связей и оптимизации его логической структуры с целью повышения системности представления информации;

- Web-технологии.

На цифровой кафедре ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева» разработана электронная версия учебника «Технологическое оборудование переработки молока».

Разработанный электронный учебник позволит расширить и дополнить традиционные учебные технологии, основанные на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Инновационная составляющая проекта относится к методическому обеспечению образования в соответствии с ГОС и образовательному ресурсу.

Электронный учебник представляет собой набор файлов, где любой файл - это введение, либо отдельная глава. Информационная составляющая представляет текстовое содержание учебника с иллюстрациями и видеоматериалы. Файлы выполнены в виде презентаций в формате Power Point и слайдов, иллюстрирующих в наглядном виде лекционный материал и материал для самостоятельной проработки студентами.

Концепция и принципы обучения с помощью создаваемого учебника заключаются в том, что при современных рыночных отношениях между предприятиями и учебными институтами становится все труднее организовать обучение, используя действующие предприятия отрасли как базовые. Как правило, все предприятия, изготавливающие и эксплуатирующие технологическое оборудование, являются частной собственностью, и их владельцы негативно относятся к посещению студентов с ознакомительной целью. Кроме того, предприятия отечественного машиностроения выпускают ограниченную номенклатуру оборудования.

Как следует из опыта преподавания, студенты в недостаточной степени могут представить себе не только механизмы процессов, происходящих при производстве продукции, но и внешний вид установок и отдельных узлов, изучая их по схемам, представленным в учебниках и методических пособиях.

Созданный учебник содержит кроме презентаций в формате Power Point и фильмы об основных видах технологического оборудования. Это позволит компенсировать, в некоторой степени трудности взаимодействия ВУЗ'ов с перерабатывающими предприятиями, повысить качество подготовки специалистов и адаптировать их к дальнейшей работе на предприятиях отрасли.

При подготовке студентов имеют место определенные трудности, связанные с недостаточным количеством учебной литературы и практически полным отсутствием качественного учебного иллюстративного материала. Большую ценность в качестве учебного материала представляют иллюстративные фильмы, которыми дополнена электронная версия учебника.

Разработанный электронный учебник может использоваться (рис. 1) на локальном компьютере. Его запускают без установки с flash-накопителя, жёсткого диска или компакт-диска (CD) на локальном компьютере под управлением ОС Windows. К системе подключается только локальный пользователь.

Учебником можно пользоваться в помещении (учебном классе) с локальной сетью. После его запуска к системе подключается любой пользователь в пределах локальной сети. Кроме того, аналогичное использование учебника возможно в пределах университета и сети интернет



Рисунок 1 – Схема вариантов использования электронного учебника

Разработанный материал может служить основой для создания курсов дистанционного образования и образования с целью получения второй специальности и дополнительного профессионального обучения. Научно-образовательная составляющая проекта включает методически систематизированный иллюстративный материал, который будет способствовать повышению качества образования студентов и адаптировать их к работе на предприятиях отрасли.

## Библиографический список

1. Алексеев Г.В., Бриденко Т.И., Верболоз Е.И., Дмитриенко М.И. Основы разработки электронных учебных изданий. СПб.: Издательство «Лань», изд. третье стереотипное. 2019. – 144 с.
2. Антипов С.Т., Бредихин С.А., Овсянников В.Ю., Панфилов В.А. Индустриальные технологические комплексы пищевых производств. СПб.: Издательство «Лань», 2020. – 440 с.
3. Бредихин С.А. Технологическое оборудование переработки молока. СПб.: Издательство «Лань», изд. пятое стереотипное. 2022. – 416 с.
3. Гантц, И. С. 1С: Предприятие. Программирование для начинающих: Практикум: учебное пособие / И. С. Гантц. — Москва: РТУ МИРЭА, 2023. — 71 с. — ISBN 978-5-7339-1725-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/331547> (дата обращения: 04.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 4 Проектирование инженерных систем на основе BIM-модели в Autodesk Revit MEP:/ И. И. Суханова, С. В. Федоров, Ю. В. Столбихин, К. О. Суханов. — 3-е изд., стер. — СПб: Лань, 2024. — 148 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/386444> (дата обращения: 04.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 7/ [http://farmina.ru/support/soft/compres\\_agr\\_danfoss](http://farmina.ru/support/soft/compres_agr_danfoss)

УДК 620;551.508.71

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГГЕРОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Сграбилов Владислав Алексеевич**, аспирант технологического института, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А.Тимирязева, vladislav\_sgrabilov@mail.ru

**Алексеевко Александр Артемович**, студент 2 курса факультета радиоэлектроники и лазерной техники, ФГАОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана, alekseenkoaleksandr13@yandex.ru

**Абашин Фёдор Валерьевич**, студент 4 курса технологического института, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А.Тимирязева, fabashin@mail.ru

**Научный руководитель - Волошина Елена Сергеевна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры управления качеством и товароведения пищевой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А.Тимирязева, voloshina@rgau-msha.ru

*Аннотация.* В статье представлен обзор применения логгеров температуры или температурных регистраторов, которые являются незаменимыми устройствами в пищевой промышленности, для точного сбора, анализа и формирования базы данных температурных режимов на всех этапах производства, хранения и транспортировки продукции критически важно для обеспечения её безопасности и качества пищевой продукции.

*Ключевые слова:* логгер, температура, перерабатывающая промышленность, аналитика данных, технологические риски.

Одним из ключевых аспектов эффективного управления процессами в пищевой и перерабатывающей промышленности является поддержание и контроль оптимальных температур в холодильных установках и при транспортировке [1,2]. Так, скоропортящаяся продукция животного происхождения требует особо строгого соблюдения температурных режимов, позволяющих минимизировать биологических рисков и, как следствие, обеспечить длительный срок годности продукта [5]. Термологгеры могут быть размещены непосредственно в упаковке с продуктом, предоставляя точные данные о температуре в реальном времени и за весь период хранения или транспортировки [4]. Эта информация позволяет производителям реагировать на любые отклонения от нормы, предпринимая соответствующие действия для их коррекции.

Учитывая важность надлежащего контроля за качеством и безопасностью пищевых продуктов, многие компании внедряют современные системы на основе термологгеров, которые интегрируются с информационными системами предприятия, что позволяет автоматизировать

процесс сбора данных и улучшить эффективность процессов обработки информации о температуре.

Таким образом, применение термологгеров в пищевой промышленности обеспечивает повышение качества продукции, контроль безопасности, снижение издержек и повышение общей производительности процессов. Это делает их неотъемлемым инструментом для любого предприятия, стремящегося к инновациям и эффективности в современных производственных условиях.

На данном этапе в перерабатывающей промышленности применяют следующие типы логгеров температуры:

1. Одноразовые термологгеры. Эти устройства идеально подходят для однократных перевозок, за счет низкой стоимости и отсутствия необходимости возвращать устройство после использования, они предоставляют данные в форме PDF-отчетов.

2. Многоразовые термологгеры. Данный тип устройств может использоваться многократно, что делает их идеальным выбором для внутренних логистических операций на производствах и в складских помещениях

3. Термологгеры с дистанционным доступом. Эти устройства позволяют пользователям удаленно мониторить температуру в реальном времени за счет подключения к сети интернет. Такие логгеры можно настроить таким образом, что оператор получал уведомление в случае выхода температурных показателей за пределы установленных норм, что позволяет оперативно реагировать на любые изменения.

4. USB-термологгеры. Модели облегчают процесс сбора и передачи данных, поскольку для считывания информации с устройства достаточно подключить его к компьютеру, что актуально в случаях с краткосрочной транспортировкой или перевозкой незначительных партий товара.

5. Беспроводные термологгеры. Они предоставляют возможность мониторинга температуры без физического контакта с читающим устройством. Благодаря использованию технологий Bluetooth или RFID, данные с таких термологгеров могут быть считаны на расстоянии, что снижает риск контаминации продуктов и упрощает процессы контроля.

Выбор подходящего термологгера для использования в пищевой промышленности зависит от множества факторов, включая тип продукта, процесс производства, требования к хранению и транспортировке, а также нормативные и законодательные требования. Ключевыми аспектами при выборе термологгера являются: тип сенсора, интерфейс, диапазон и точность измерений, продолжительность и устойчивость работы.

Основные типы сенсоров в термологгерах – это термопары, термисторы и цифровые сенсоры. Термопары подходят для широкого диапазона температур и часто используются для измерения высоких температур во время термической обработки. Термисторы обеспечивают высокую точность при более узком диапазоне температур и идеально подходят для холодильных и

морозильных установок. Цифровые сенсоры предлагают удобство и часто встраиваются в умные системы управления.

Точность и диапазон важны для обеспечения качества продуктов и соответствия нормам безопасности пищевых продуктов, требуемая точность разрешения, позволит обеспечить надежные и читаемые результаты.

Современные термолоттеры предлагают различные интерфейсы для считывания данных, включая USB, Wi-Fi и Bluetooth. Выбор подходящего интерфейса зависит от логистики и инфраструктуры производства. Также важно убедиться, что программное обеспечение легко интегрируется с существующими системами управления на предприятии.

Термолоттеры позволяют обеспечивать требования систем качества и систем менеджмента безопасности пищевых продуктов, включая системы FDA, HACCP, ISO и другие [3].

В условиях современного производства большое значение приобретает также интеграция термолоттеров с системами управления базами данных и автоматизированными системами корпоративного ресурсного планирования (ERP). Данные с термолоттеров можно автоматически считывать и анализировать, что позволяет не только отслеживать текущее состояние производственных процессов, но и анализировать полученную информацию для оптимизации процессов и улучшения качества выпускаемой продукции.

Использование термолоттеров в пищевой промышленности способствует не только повышению эффективности производства, но и помогает соответствовать строгим нормативам пищевой безопасности, таким как HACCP. Это, в свою очередь, ведет к снижению рисков для здоровья потребителей и увеличению доверия к бренду, что имеет большое значение для любого производителя в данной отрасли.

#### Библиографический список

1. Гаврилов, А. В. Использование автономных датчиков контроля температурно-влажностного режима при хранении зерна в наружных силосах элеваторов / А. В. Гаврилов, В. В. Лоозе, С. Л. Белецкий // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2017. – № 7(7). – С. 41-49.

2. Андреев, В. В. Инновации в области логистики и упаковки в секторе foodtech / В. В. Андреев // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО, Санкт-Петербург, 02–05 февраля 2022 года. Том 3 Часть 1. – Санкт-Петербург: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет ИТМО", 2022. – С. 8-12.

3. Научные принципы и методология управления качеством и безопасностью пищевых продуктов / В. И. Трухачев, Н. И. Дунченко, С. В. Купцова [и др.]. – Москва : ООО "Сам Полиграфист", 2022. – 250 с. – ISBN 978-5-00166-806-0.

4. Метод дифференциации мяса убойных животных по группам качества на основе измерения количества свободной (кристаллизующейся) воды / А. Ю. Сидоренко, П. И. Токарев, Л. Г. Елисеева [и др.] // Товаровед продовольственных товаров. – 2024. – № 11. – С. 644-651. – DOI 10.33920/igt-01-2411-01.

5. Управление качеством рубленых мясных полуфабрикатов на базе квалиметрического прогнозирования / Н. И. Дунченко, А. А. Свирина, А. А. Одинцова, Е.С.Волошина // XII международный форум-выставка "РОСБИОТЕХ-2018": сборник тезисов выступлений, Москва, 02–04 октября 2018 года. – Москва: Издательство КВЦ "Сокольники", 2018. – С. 262-272.

## СЕКЦИЯ 18. СПЕЦИАЛИСТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 636:591.1

### РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НАЧАЛА ОТЁЛА У КОРОВ

**Попов Иван Александрович**, студент четвёртого курса института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, popov.iv04@mail.ru

**Научный руководитель – Иванов Юрий Григорьевич**, профессор, д.т.н., профессор кафедры механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, iy.electro@mail.ru

***Аннотация.** Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках Федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства», договор (соглашение) №2016ГССС15-L/8798 от 02.10.2023г. по разработке цифровой системы мониторинга начала отёла у коров, обеспечивающей регистрацию признаков родового акта с помощью контрольного терминала, прикрепленного к корове, и передачу СМС-сообщений на мобильные телефоны работникам фермы для своевременного родовспоможения.*

***Ключевые слова:** начало отёла коров, цифровая система, мониторинг отёла, дистоции.*

Цифровая система мониторинга отёла у коров – новая отечественная разработка для молочных ферм и комплексов, КФХ и ЛПХ с высокими показателями заболеваемости, выбраковки коров и смертности телят из-за несвоевременного родовспоможения, желающим автоматизировать процесс мониторинга за животными [1,2,3].

Система обеспечивает возможность наблюдения на расстоянии за состоянием беременных коров в родильном отделении, передавая информацию работнику фермы о скором наступлении родового акта на мобильный телефон посредством глобального стандарта цифровой мобильной сотовой связи (GSM). Сообщения приходят на телефон заблаговременно, чтобы у работника было время подготовиться к родовспоможению и подойти к животному.

Оповещение на телефон приходит по порядку трёх основных уровней сигналов, характеризующихся пространственно-временными параметрами положения хвоста коровы: 1 фаза - начало схваток, 2 фаза - начало потуг, 3 фаза - выведение плода, 4 фаза (дополнительная) - в случае рождения второго теленка, т.е. двойни [2,4].

Результаты экспериментальных исследований в родильном отделении молочного комплекса АО «Агрофирма Бунятино» и минифермы зоостанции РГАУ-МСХА позволили сформулировать технические требования к разрабатываемому изделию (таблица 1), на основании которых было разработано ТЗ и изготовлен экспериментальный образец системы [4].

Таблица 1

### Технические требования

№ п/п	Параметр	Значение	Описание
1	Рабочая температура, °С	-30 ... +50	
2	Температура хранения, °С	-40 ... +85	
3	Степень защиты	IP67	По ГОСТ 14254-96
4	Масса (не более), г	290	
5	Режим работы	Не менее 7 дней	С периодической подзарядкой
6	Габаритные размеры (ШхГхВ), мм	68x139x52	
7	Номинальное напряжение питания, В	+3,7	От Li-ion аккумулятора
8	Тип напряжения питания	Постоянное	
9	Виды защит	2	- Защита аккумулятора от перезаряда; - Защита аккумулятора от переразряда;

В состав системы входит:

1. Контрольный терминал с фиксатором, рисунок 1.
2. Программное обеспечение для ПК.
3. Беспроводное зарядное устройство
4. Телефон

Контрольный терминал имеет моноблочную конструкцию и крепление, обеспечивающее удобное и надёжное закрепление терминала на хвосте животного, а также удобное снятие. Изготовление корпуса образца выполнено при помощи 3D – печати.



Рисунок 1 – Внешний вид контрольного терминала с беспроводным зарядным устройством

Лабораторные исследования показали, что система обеспечивает отправку уведомляющих сообщений при достижении критических показателей на мобильный телефон на заданные пользователем абонентские номера в автоматическом режиме.

Настройка изделия осуществляется через команды, отправляемые по SMS и через интерфейс USB.

Для отображения текущего заряда контрольного терминала в нём предусмотрен индикаторный светодиод красного и зелёного цвета.

После подачи питания (например, при выходе контрольного терминала из глубокого разряда), в течение первых 15 секунд, осуществляется поиск и регистрация в сети сотового оператора.

В текущей версии терминала поддерживаются три оператора сотовой связи в РФ: МТС, Мегафон и Билайн.

При проведении испытаний на ферме установлено, что контрольный терминал удобен при надевании и снятия с хвоста коровы. Не причиняет дискомфорт животным. Удобен в эксплуатации и обслуживании – позволяет легко снимать смягчающий элемент крепления, являющийся самым загрязняемым элементом контрольного терминала и промывать его под проточной водой.

Внедрение цифровой системы мониторинга начала родов у коров обеспечивает значительный экономический эффект для фермеров и молочных хозяйств [3]. Система позволяет точно предсказать время начала родов, обеспечивает присутствие ветеринаров и работников в родильном отделении в нужное время. Благодаря точным данным о предродовом состоянии коров, можно более эффективно планировать рабочие время персонала, что увеличивает общую производительность труда.

#### Библиографический список

1. Гаджиев, А.М. Проблемы трудных отелов племенных нетелей, влияние крупноплодности и эффективность родовспоможения на крупных молочных комплексах // Техника и технологии в животноводстве. –2021. –№3 (43). – С. 33-37.

2. Иванов, Ю.Г. Автоматический мониторинг физиологических показателей животных для управления технологическими процессами на молочных фермах: монография / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин, М.С. Сидоренко // М.: МЭСХ –2019. – 230С.

3. Иванов, Ю.Г. Исследования микропроцессорной системы дистанционного мониторинга сигналов коров / Иванов Ю.Г., Сидоренко М.С., Голубятников В.А. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2015. – № 2 (66). – С. 7-13.

4. Иванов, Ю. Г., Конахин, А. Ю., Попов И.А. и др. Цифровая система дистанционного мониторинга начала родов у коров – MNRK HW.:1.0/REV.:1.0

SW.:1.0 [Программа для ЭВМ] : свидетельство о государственной регистрации  
№ RU 2025614875 ; заявл. 22.10.2024 ; опубл. 26.02.2025.

УДК 636.2.034

## УМНЫЙ МАТРАС ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ КОРОВ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ

**Павлов Даниил Александрович**, студент 2 курса магистратуры Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, pavlovdaniil227@gmail.com.

**Научный руководитель – Иванов Юрий Григорьевич**, профессор, д.т.н., профессор кафедры механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, iy.electro@mail.ru

***Аннотация.** Предложен «умный» матрас для охлаждения коров в летнее время, обеспечивающий снижение теплового стресса на основе адаптивного управления температурой водяного матраса в зависимости от параметров физиологического состояния животных - частоты дыхания и/или частоты пульса. Представлены структура технических средств и преимущества внедрения системы на молочных фермах. Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках Федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства», договор (соглашение) №434ГССС27/107334 от 03.10.2025.*

***Ключевые слова:** тепловой стресс коров, водяной матрас, адаптивное управление.*

В последние годы отмечается ускорение темпов глобального потепления на планете, что приводит к росту температур в помещениях для содержания крупного рогатого скота и негативно сказывается на продуктивности и здоровье животных.

Известно, что при температуре воздуха в коровнике выше 24°C животные начинают испытывать тепловой стресс, который приводит к снижению молочной продуктивности. При этом значительно возрастает частота дыхания и частота пульса у коров. При температуре воздуха в помещении 30°C потери могут составлять 7-10 литров молока на корову в день, а на ферме 400 коров за месяц они составят, около, 100 тонн молока [1,2].

Для предотвращения тепловых стрессов становится важным создание условий, которые помогут корове в жаркий период года обеспечить дополнительную теплоотдачу в окружающую среду.

Известны: способ применения местной принудительной вентиляции для обдува животных потоком воздуха; способ мелкодисперсного распыления воды, для снижения температуры воздуха за счет ее испарения; способ распыления воды на тело животного с обдувом его потоком воздуха от вентилятора для активного испарения с кожного покрова, обеспечивающие улучшение комфортного состояния скота при температурах воздуха выше 24°C. Последние имеют ограничение, так как приводят к увеличению

влажности воздуха в помещении для содержания животных, которая негативно сказывается на комфортном состоянии и может привести к усилению теплового стресса у животных [1,2].

Предложенный водяной матрас оснащён эластичный лежаком (1), для размещения животного, датчиком температуры воды в матрасе (2), насосом (3), чиллером (4), контроллером (5), датчиками температуры (6) и влажности (7) окружающей среды, а также датчиками, фиксирующими физиологическое состояние коров (8) - частоту дыхания и/или частоту пульса. В умном матрасе, температура воды регулируется адаптивно, в зависимости не только от температуры и влажности воздуха, но также с учетом частоты дыхания и/или частоты сердечного пульса коров (рис.1) [3].

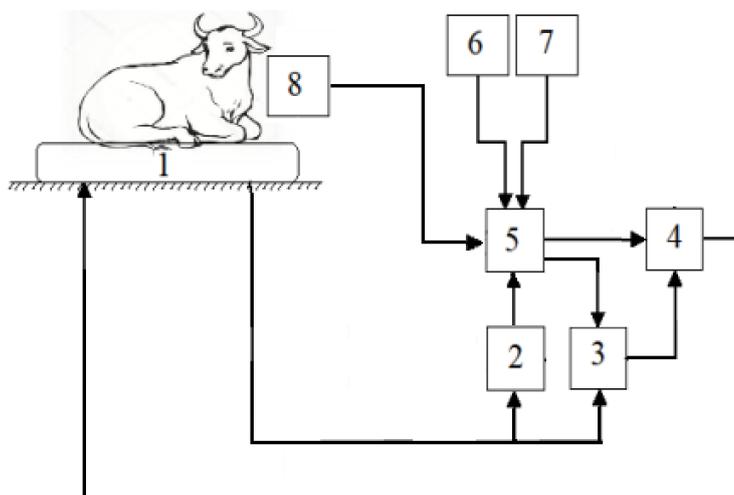


Рисунок 1 – Функциональная схема умного матраса для коров

Предлагаемый матрас, благодаря оригинальной конструкции, одновременно со снижением тепловых стрессов, предотвращает травмируемость конечностей коров в моменты, когда они ложатся и встают. В настоящее время у умного матраса нет конкурентов, а в сравнении с зарубежным решением компании Биорет Агри он более функционален и дешевле в 3-4 раза [4]. Срок окупаемости в зависимости от климатических условий региона составит от 1,2 до 1,5 лет.

#### Библиографический список

1. Иванов, Ю.Г. Автоматический мониторинг физиологических показателей животных для управления технологическими процессами на молочных фермах: монография / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин, М.С. Сидоренко // М.: МЭСХ –2019. – 230С.

2.Иванов, Ю.Г. Исследования микропроцессорной системы дистанционного мониторинга сигналов коров / Иванов Ю.Г., Сидоренко М.С., Голубятников В.А. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". –2015. – № 2 (66). – С. 7-13.

3.Иванов, Ю.Г. Способ обеспечения температурного комфорта коров в летний период. Свидетельство № 2025007. Зарегистрирован в Депозитарии Ноу-хау ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева 02.10.2025 г.

4. Официальный сайт компании Bioret Agri (Биорет Агри) [Электронный ресурс]. –URL: <https://agri.bioret-corp.com/ru/> загл. с экрана (дата обращения 20.10.2025).

УДК 631.3:621.39

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ КАРТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО ПОСЕВА

**Чернышов Егор Евгеньевич**, студент ТГСХА «Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»,  
egor.chernyshov18@gmail.ru

**Ерохин Данил Сергеевич**, ассистент, ТГСХА «Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Erohin\_danil14@mail.ru.

**Научный руководитель – Голубев Вячеслав Владимирович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологических и транспортных машин и комплексов ТГСХА «Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», vgolubev@tvgsa.ru.

***Аннотация.** В данной статье рассматривается инновационный подход к организации посевных работ в современном сельском хозяйстве – использование цифровой карты сельскохозяйственных угодий для координатного посева. В условиях растущих требований к урожайности, эффективности использования ресурсов и экологической безопасности, традиционные методы посева часто оказываются недостаточными. Цифровая карта, представляющая собой детализированное геопространственное описание поля с агрономическими данными, становится ключевым элементом перехода к точному земледелию.*

***Ключевые слова:** цифровая карта, сельскохозяйственные угодья, координатный посев, точное земледелие, агротехнологии.*

В современном сельском хозяйстве, где эффективность и высокая урожайность являются ключевыми факторами успеха, технологии играют все более важную роль. Одним из перспективных внедрений являются цифровые инструменты, которые позволяют перейти от традиционных методов ведения хозяйства к точному земледелию. В этом контексте, цифровая карта сельскохозяйственных угодий становится не просто удобным инструментом, а неотъемлемой частью передовых агротехнологий, особенно в контексте координатного посева.

Цифровая карта сельскохозяйственных угодий – это детальное цифровое изображение земельного участка, содержащее информацию о его географических границах, рельефе, типах почв, предыдущих культурах, а также данные о состоянии посевов, урожайности прошлых лет и других

важных агрономических показателях. Создается такая карта с использованием различных источников данных:

- Спутниковые снимки: высокоточное изображение поля с орбиты, позволяющее анализировать вегетацию, выявлять участки с разной плодородностью и влажностью.

- Аэрофотосъемка: фотографии, сделанные с дронов или самолетов, обеспечивают более детальное разрешение и оперативность получения данных.

- Данные GPS/ГЛОНАСС: определение точных координат границ поля и его отдельных участков.

- Данные датчиков: информация с почвенных датчиков, метеостанций, а также данные с бортового оборудования сельскохозяйственной техники.

- Исторические данные: информация о предыдущих урожаях, проведенных обработках, внесении удобрений.

Эта информация агрегируется и визуализируется в виде интерактивной карты, которая может быть доступна фермерам через специализированное программное обеспечение или онлайн-платформы.

Координатный посев – это технология, при которой семена высеваются не хаотично, а по строго определенным координатам, заданным в цифровой карте угодий. Это кардинально отличается от традиционного метода, где равномерность посева обеспечивается механически, часто с погрешностями. Как это всё работает на практике:

- Создание цифровой карты: сначала создается детальная цифровая карта поля, как описано выше.

- Анализ и зонирование: на основе данных карты поле разделяется на зоны с различными агрономическими характеристиками (например, зоны с разной плодородностью, влажностью, потребностью в питательных веществах).

- Разработка плана посева: для каждой зоны определяется оптимальная норма высева, глубина заделки семян и расстояние между ними. Эти параметры задаются в виде координатных точек на цифровой карте.

- Применение GPS-технологий: сельскохозяйственная техника (сеялки) оснащается высокоточными GPS/ГЛОНАСС-навигаторами.

- Автоматический контроль: во время посева бортовая система навигации получает команды с цифровой карты, точно позиционируя сеялку и регулируя норму высева, глубину и расстояние в соответствии с заданными параметрами для каждой конкретной точки.

Внедрение цифровой карты сельскохозяйственных угодий в процесс координатного посева открывает перед аграриями множество преимуществ:

- Оптимизация нормы высева: цифровая карта позволяет точно определить, сколько семян необходимо для каждого участка поля, исходя из его характеристик. Это предотвращает как перерасход семян на плодородных

участках, так и недостаточный посев на менее плодородных, что ведет к экономии ресурсов и повышению потенциальной урожайности.

— Улучшенная всхожесть и равномерность посевов: точное позиционирование семян и оптимальная глубина заделки способствуют более равномерной всхожести, что является основой для здорового роста растений и максимального урожая.

— Эффективное использование ресурсов: координатный посев, управляемый цифровой картой, позволяет точно вносить удобрения и средства защиты растений только там, где это необходимо, сокращая их расход и минимизируя негативное воздействие на окружающую среду.

— Повышение урожайности: оптимизированный посев, индивидуальный подход к каждому участку поля и точное внесение ресурсов напрямую влияют на увеличение урожайности.

— Снижение затрат: экономия на семенах, удобрениях, средствах защиты растений, а также уменьшение затрат на рабочую силу и топливо благодаря автоматизации процессов.

— Сбор детальных данных: цифровая карта фиксирует все проведенные операции, создавая детальный “паспорт” поля, который становится бесценным инструментом для планирования будущих сезонов и анализа эффективности.

Будущее сельского хозяйства неразрывно связано с цифровизацией. Цифровые карты сельскохозяйственных угодий в сочетании с технологиями точного посева – это не просто тренд, а необходимость для тех, кто стремится к устойчивому развитию, повышению продуктивности и конкурентоспособности на современном рынке. Это шаг к разумному, эффективному и экологичному сельскому хозяйству, где каждое семечко имеет свое точное место и получает наилучшие условия для роста.

В разработке находится Mini Smart Tank Robot с использованием ручной сеялки для координатного посева. Внедрение цифровой карты сельскохозяйственных угодий откроет захватывающие перспективы для автоматизации и повышения эффективности сельскохозяйственных работ. Это синергия, где “мозг” (цифровая карта) направляет действия “мышц” (робота), позволяя перейти к новому уровню точного земледелия.

#### Библиографический список

1. Использование средств цифровизации и роботизации при точном земледелии / Васильев А. С., Фирсов А. С., Кудрявцев А. В., Голубев В. В. // Наука и образование. 2024. № 7 (2). Порядковый номер 185.
2. Использование электронных цифровых карт при мониторинге сельскохозяйственных угодий / Абдурахманов С. Н., Ниёзов К. Х. У. // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации. 2022. С. 101 – 103.
3. Основы методики проведения исследований / Голубев В. В., Кудрявцев А. В., Фирсов А. С. // В сборнике: Повышение управленческого,

экономического, социального, инновационно - технологического и технического потенциала предприятий и отраслей в АПК. Сборник научных трудов по материалам Международной научно - практической конференции. 2017. С. 129–132.

4. Цифровая картографическая основа обеспечения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения / Гилёва Л. Н., Подрядчикова Е. Д. // Интерэкспо Гео – Сибирь. 2022. С. 94 - 101.

5. Цифровая карта почв – ключ к эффективности использования сельскохозяйственных угодий в цифровой экономике России / Власов А. Д., Понько В. А. // Актуальные вопросы образования. 2020. С. 81 – 86.