

УДК 631.171

Батраков М. Д.

студент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет

имени И.Т. Трубилина»

Россия

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ОТ КОНЦЕПЦИИ ДО ВНЕДРЕНИЯ

Аннотация. В современных условиях глобальных вызовов, вызванными изменением климата, ограниченности ресурсов и экономической нестабильности, цифровые двойники становятся ключевым инструментом повышения эффективности сельского хозяйства. В результате проведенного исследования, в статье подчеркнута, что основное преимущество концепции заключается в возможности непрерывного мониторинга процессов, моделирования различных сценариев и тестирования изменений в виртуальной среде без угрозы для реального производства.

Ключевые слова: цифровые двойники, сельское хозяйство, концепция, этапы внедрения

Batnikov M. D.

student

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trublin

Russian Federation

DIGITAL TWINS IN AGRICULTURE: FROM CONCEPT TO IMPLEMENTATION

Annotation. In modern conditions of global challenges caused by climate change, limited resources and economic instability, digital twins are becoming a key tool for improving agricultural efficiency. As a result of the research, the article emphasizes that the main advantage of the concept is the ability to continuously monitor processes, simulate various scenarios and test changes in a virtual environment without endangering real production.

Keywords: digital twins, agriculture, concept, implementation stages

Современное сельское хозяйство сталкивается с глобальными проблемами, связанными с изменением климата, деградацией почв, ростом стоимости ресурсов, необходимостью повышения производительности. В таких условиях цифровизация агросектора становится стратегической необходимостью. Одним из наиболее перспективных стратегических инструментов, по мнению многих современных авторов [1, 2, 3, 4], выступают цифровые двойники, которые представляют собой виртуальные динамические модели физических объектов или процессов, объединяющие данные сенсоров, математическое моделирование и технологии искусственного интеллекта для прогнозирования, оптимизации и принятия решений в реальном времени.

В сельском хозяйстве применение цифровых двойников направлено на повышение эффективности агропроизводства за счет точного управления ресурсами, минимизации рисков и адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды. Так, актуальность внедрения цифровых двойников подтверждается их способностью повышать урожайность на 5-15%, сокращать расход воды и удобрений на 20-30%, а также минимизировать риски за счет моделирования различных сценариев [5].

Цифровые двойники сельскохозяйственных систем включают три ключевых компонента: физический объект (почва, растения, животные, техника, климатические условия); виртуальная модель, основанная на

детерминированных (например, уравнениях роста культур) и стохастических (машинное обучение) методах; двусторонняя связь через IoT-устройства, обеспечивающая обмен данными между реальным и цифровым объектом (рисунок 1).

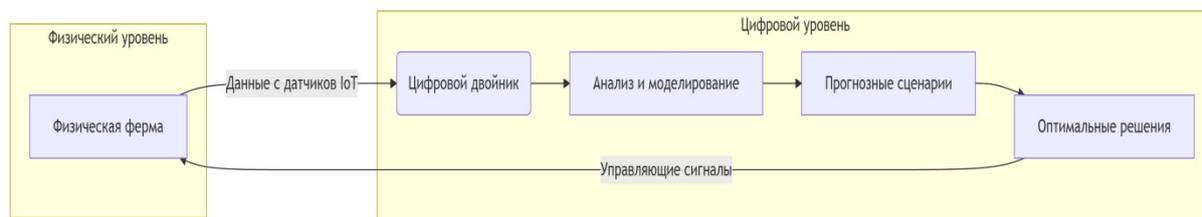


Рисунок 1 – Компоненты цифровых двойников в сельском хозяйстве

Лобачевский Я. П., Миронов Д. А., Кислицкий М. М., Миронова А. В. в своих научных трудах отмечают, что цифровые двойники представляют собой качественно новый этап развития сельского хозяйства, обеспечивающий переход к наукоемкому и ресурсосберегающему земледелию. По мнению авторов, ключевыми преимуществами данной технологии являются:

- возможность непрерывного мониторинга состояния агроэкосистем,
- высокая точность прогнозирования,
- оптимизация использования ресурсов и снижение экологической нагрузки.

Исследование научных подходов технологии цифровых двойников позволило определить основные направления их применения:

- в прецизионном земледелии цифровые двойники поля интегрируют данные спутникового мониторинга, метеодатчиков и анализа почвы для прогнозирования урожайности, оптимизации полива и внесения удобрений;
- в животноводстве моделируют физиологические параметры

животных (например, метаболизма КРС) позволяет корректировать рационы и предотвращать заболевания;

– в логистике и технике двойники сельхозмашин анализируют износ узлов и прогнозируют сроки обслуживания.

Внедрение цифровых двойников включает несколько этапов (таблица 1): сбор данных (сканирование, фотограмметрия, исторические данные), создание 3D-модели, интеграцию с IoT-устройствами, настройку алгоритмов анализа и тестирование. Критически важным является этап верификации модели, так как точность прогнозов зависит от качества исходных данных и корректности алгоритмов. После внедрения система требует регулярной актуализации для отражения изменений в реальных условиях [1, 2].

Таблица 1. Этапы внедрения цифрового двойника фермы

Этап	Действия	Результат
Сбор данных	Использование датчиков, дронов, спутниковых снимков	База данных о состоянии полей, животных, техники
3D-моделирование	Разработка виртуальной модели фермы	Цифровая копия объекта (поля, фермы, техники)
Интеграция с IoT	Подключение датчиков и систем мониторинга	Режим реального времени для анализа
Тестирование	Проверка модели на исторических данных	Верифицированная цифровая модель
Внедрение	Использование в управлении фермой	Оптимизация решений, снижение затрат

Согласно последним исследованиям, глобальный рынок цифровых двойников для сельского хозяйства продемонстрировал значительный рост, достигнув в 2024 году объема в 1,45 млрд долларов США. Ожидается, что в период с 2026 по 2033 год данный сегмент будет развиваться с совокупным годовым темпом роста (CAGR) в 18,9%, что позволит ему достичь отметки в 6,92 млрд долларов США к концу прогнозируемого периода [5]. Ожидается, что к 2033 году рынок цифровых

двойников в сельском хозяйстве преодолеет отметку в 6,9 млрд долларов США, что свидетельствует о переходе от пилотных проектов к массовому внедрению данных технологий. Данная динамика подтверждает, что цифровые двойники становятся неотъемлемым элементом современного агропромышленного комплекса, обеспечивающим его устойчивое развитие в условиях растущих глобальных вызовов.

Таким образом, цифровые двойники трансформируют сельское хозяйство в высокотехнологичную отрасль с детерминированным управлением на всех уровнях – от генома растения до глобальных цепочек поставок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева, И. В. Использование цифровых технологий в деятельности аграрных предприятий / И. В. Васильева, Е. Е. Можаяев, А. Н. Идрисов // Вестник РАЕН. 2023. Т. 23, № 3. С. 29-36.

2. Дорохов, А. С. Технология цифровых двойников в сельском хозяйстве: перспективы применения / А. С. Дорохов, Д. Ю. Павкин, С. С. Юрочка // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 4. С. 14-25.

3. Смирнов, С. В. Анализ применения цифровых двойников. Обзор. Часть 2 / С. В. Смирнов // Датчики и системы. 2024. № 1(273). С. 63-70.

4. Эффекты от применения цифровых двойников в сельском хозяйстве / Я. П. Лобачевский, Д. А. Миронов, М. М. Кислицкий, А. В. Миронова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 103. С. 71-78.

5. Intelligent Agriculture Digital Market Market. URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/ru/product/smart-agriculture-digital-twin-market/> (дата обращения: 30.06.2025).