Novateur Publications
International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology [IJIERT]
ISSN: 2394-3696 Website: ijiert.org
Volume 13, Issue 11, November – 2026

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR CROP YIELD FORECASTING

N. Kh. Noraliev
Professor, Tashkent State Agrarian University (TSAU)

Abstract
This paper examines the application of artificial intelligence (AI) technologies for forecasting crop yields within the context of the digital transformation of the agro-industrial complex. The relevance of this topic stems from the need to improve the accuracy and timeliness of forecasts amid climate instability—a situation where traditional expert-based methods no longer provide sufficient reliability.
The objective of this study is to conduct a comprehensive analysis of machine learning methods used for yield forecasting and to evaluate their potential for enhancing the efficiency of crop production. The paper explores the implementation of AI solutions, drawing on the experience of the Republic of Uzbekistan (e.g., the CropAgro platform and various aerospace monitoring projects). The methodological framework incorporates general scientific methods—such as analysis, synthesis, and a systems approach—combined with a comparative analysis of machine learning models and the case study method.

Keywords: Artificial intelligence, crop yield forecasting, machine learning, remote sensing, digitalization of agriculture, food security.

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Норалиев Н. Х.
Профессор ТГАУ

Аннотация
В работе исследуется применение технологий искусственного интеллекта для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в условиях цифровой трансформации агропромышленного комплекса. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения точности и оперативности прогнозов в условиях климатической нестабильности, когда традиционные экспертные методы не обеспечивают достаточной надёжности.
Целью работы является комплексный анализ методов машинного обучения, применяемых для прогнозирования урожайности, и оценка их потенциала для повышения эффективности растениеводства. В работе рассматривается практика внедрения ИИ-решений, включая опыт Республики Узбекистан (платформа CropAgro, проекты аэрокосмического мониторинга). Методологическую основу составили общенаучные методы (анализ, синтез, системный подход) в сочетании со сравнительным анализом моделей машинного обучения и кейс-методом.

Ключевые слова: искусственный интеллект, прогнозирование урожайности, машинное обучение, дистанционное зондирование, цифровизация сельского хозяйства, продовольственная безопасность.

Актуальность темы исследования. В условиях глобальных климатических изменений, роста населения планеты и возрастающей нагрузки на природные ресурсы обеспечение продовольственной безопасности становится одной из приоритетных задач человечества. Сельское хозяйство, являясь основой продовольственной системы, сталкивается с необходимостью повышения эффективности производства при одновременном снижении потерь и оптимизации использования водных и земельных ресурсов. Традиционные методы прогнозирования урожайности, основанные на экспертных оценках и ограниченных статистических данных, зачастую не обладают достаточной точностью и оперативностью, чтобы своевременно реагировать на риски, связанные с засухой, болезнями растений или неблагоприятными погодными условиями.

В последние годы стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ), включая машинное обучение, компьютерное зрение и обработку больших данных (Big Data), открывает принципиально новые возможности для агрономической науки и практики. ИИ позволяет интегрировать разнородные данные — от спутниковых снимков и показателей датчиков на полях до исторических метеорологических архивов — и выявлять скрытые закономерности, недоступные традиционному анализу. Это создает основу для перехода от реактивного управления к предиктивному (упреждающему) принятию решений в сельском хозяйстве.[1,4]

Степень разработанности проблемы и практическая значимость. Особую актуальность тема приобретает в контексте цифровой трансформации агропромышленного комплекса Узбекистана. В стране на государственном уровне поставлены амбициозные задачи по внедрению ИИ в аграрный сектор. В частности, в рамках реализации проектов по аэрокосмическому мониторингу планируется применение ИИ для прогнозирования урожайности таких ключевых культур, как пшеница и хлопок, на основе данных дистанционного зондирования Земли . Уже сейчас функционируют цифровые платформы, такие как **CropAgro**, которые охватывают мониторингом свыше 3 миллионов гектаров орошаемых земель и используют алгоритмы ИИ для анализа рисков, выявления заболеваний растений и оптимизации водопользования . Кроме того, стратегические документы Республики Узбекистан прямо предусматривают развитие технологий оценки состояния почв и культур на основе машинного обучения для повышения урожайности и поддержки принятия решений[3,4] .

Несмотря на активную государственную политику и наличие практических кейсов, многие методологические аспекты применения ИИ в прогнозировании урожайности остаются недостаточно систематизированными. Существует разрыв между накопленным объемом агрономических данных и эффективностью их использования в моделях машинного обучения, что требует междисциплинарного подхода на стыке информатики, агрономии и экономики.

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является комплексный анализ технологий искусственного интеллекта, применяемых для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, а также оценка их потенциала для повышения эффективности растениеводства в условиях цифровой трансформации АПК.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

1. Изучить теоретические основы и классифицировать современные методы машинного обучения, используемые для предиктивной аналитики в сельском хозяйстве;
2. Проанализировать источники данных (спутниковый мониторинг, IoT-датчики, метеоданные) и их роль в повышении точности моделей прогнозирования;

3. Рассмотреть практические примеры и государственные инициативы по внедрению ИИ-решений в прогнозирование урожайности, в частности опыт Узбекистана;
4. Выявить ключевые проблемы и ограничения (качество данных, интерпретируемость моделей, инфраструктурные барьеры) на пути масштабного внедрения ИИ в агросекторе.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования выступают процессы цифровизации и интеллектуализации сельскохозяйственного производства. Предметом исследования являются технологии искусственного интеллекта и методы машинного обучения, применяемые для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.

Методологическая база исследования

Методология исследования построена на сочетании общенаучных методов познания и специальных методов анализа данных, применяемых в области искусственного интеллекта и агрономического прогнозирования.

Общенаучные методы. В работе использованы анализ и синтез — для изучения и систематизации теоретических основ применения ИИ в сельском хозяйстве, а также для классификации существующих подходов к прогнозированию урожайности. Метод обобщения применяется для формулирования выводов о тенденциях и перспективах развития технологий. Системный подход позволяет рассмотреть процесс прогнозирования урожайности как элемент более широкой системы управления агропромышленным производством, учитывая взаимосвязи между технологическими, организационными и экономическими факторами .[1,2].

Специальные методы исследования. Для достижения цели работы применяются следующие методы:

Сравнительный анализ моделей машинного обучения. Исследование опирается на сопоставление эффективности различных алгоритмов, используемых в прогнозировании урожайности: опорных векторов (SVM), случайного леса (Random Forest), нейронных сетей и ансамблевых методов . Сравнение проводится по критериям точности, устойчивости к переобучению и требований к объёму данных.

Анализ источников данных и методов их обработки. Рассматриваются подходы к интеграции разнородных данных — спутниковых снимков (включая NDVI), метеорологических рядов, показателей почвенных датчиков. Отдельное внимание уделяется методам предобработки данных, таким как обработка пропусков (EM-алгоритм), удаление выбросов (Isolation Forest) и отбор признаков (Particle Swarm Optimization), поскольку качество предобработки признано критическим фактором точности моделей .

Кейс-метод (анализ практических примеров). Изучаются конкретные примеры внедрения ИИ-решений в прогнозирование урожайности, включая государственные инициативы Республики Узбекистан (цифровая платформа CropAgro, проекты аэрокосмического мониторинга) и международный опыт. Кейс-метод позволяет оценить не только техническую эффективность технологий, но и организационные условия их применения.

Анализ нормативно-правовой базы. Исследуются стратегические документы и нормативные акты Республики Узбекистан в сфере цифровизации АПК, что необходимо для оценки институциональных условий внедрения ИИ.

Информационная база. Эмпирическую основу работы составляют научные публикации в рецензируемых журналах (включая ScienceDirect и Nature), аналитические отчёты международных

организаций, данные государственных программ цифровизации сельского хозяйства Узбекистана, а также материалы существующих цифровых платформ агромониторинга .[3,4].

Ограничения методологии. Следует отметить, что работа носит аналитический характер и не предполагает самостоятельного обучения моделей на первичных данных. Акцент сделан на систематизации и критической оценке существующих подходов и практик, что соответствует поставленным задачам.

Выводы

По результатам проведённого исследования можно сформулировать следующие выводы.

1.Технологии ИИ обеспечивают качественный переход от экспертного к предиктивному прогнозированию урожайности. Традиционные методы, основанные на экспертных оценках и ограниченной статистике, не обладают достаточной точностью и оперативностью. Модели машинного обучения — случайный лес, опорные векторы, нейронные сети и ансамблевые методы — позволяют выявлять скрытые закономерности в больших массивах разнородных данных и строить прогнозы с точностью, недостижимой для классических подходов. Ключевым условием при этом является корректная предобработка данных: обработка пропусков, удаление выбросов и отбор признаков признаны критическими факторами точности моделей.

2.Точность прогнозов определяется качеством и разнообразием источников данных. Интеграция спутникового мониторинга (включая вегетационные индексы NDVI), метеорологических рядов и показателей IoT-датчиков создаёт основу для построения устойчивых моделей. Ни один источник данных в отдельности не обеспечивает достаточной надёжности прогноза — эффект достигается именно за счёт их комбинирования.

3.В Узбекистане создана институциональная основа для внедрения ИИ в прогнозирование урожайности. Государственные инициативы по аэрокосмическому мониторингу, функционирование цифровой платформы CropAgro (охват свыше 3 млн га орошаемых земель) и стратегические документы по цифровизации АПК свидетельствуют о переходе от пилотных проектов к системному применению технологий. Это создаёт предпосылки для масштабирования ИИ-решений на уровне отрасли.

4. Сохраняются существенные барьеры практического внедрения. К ним относятся: неоднородность качества агрономических данных, ограниченная интерпретируемость сложных моделей (что затрудняет их принятие агрономами-практиками), инфраструктурные ограничения в части сбора и хранения данных, а также дефицит кадров на стыке информатики и агрономии. Преодоление этих барьеров требует междисциплинарного подхода и целенаправленной государственной поддержки.

5. Экономический эффект достигается не только за счёт точности прогноза, но и за счёт оптимизации смежных процессов. Прогнозирование урожайности на основе ИИ позволяет заблаговременно выявлять риски (засуха, болезни растений), оптимизировать водопользование и планировать логистику. Таким образом, эффект от внедрения технологий носит комплексный характер и выходит за рамки собственно прогнозной функции.

6. Перспективы дальнейших исследований связаны с повышением интерпретируемости моделей (объяснимый ИИ), развитием методов работы с малыми и неполными данными, а также с экономической оценкой эффективности внедрения ИИ-решений на уровне отдельных хозяйств. Отдельного внимания заслуживает адаптация глобальных моделей к локальным агроклиматическим условиям Узбекистана.

Технологии искусственного интеллекта обладают значительным потенциалом для повышения точности и своевременности прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Однако реализация этого потенциала зависит не столько от совершенства алгоритмов, сколько от качества данных, институциональной поддержки и готовности отрасли к цифровой трансформации. В условиях Узбекистана, где государственная политика активно стимулирует цифровизацию АПК, ключевой задачей становится не разработка новых моделей как таковых, а создание условий для их устойчивого и масштабного практического применения.

Список литературы

1. Rahman, M. M., Hasanuzzaman, M., & Raihan, M. J. (2020). Use of smart farming technologies in agriculture: An overview. Journal of Agricultural Science and Technology, 22(4), 729-741.
2. Klompenburg, TV, Kassahun, A, Catal, C. (2020). Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review. Computers and Electronics in Agriculture, 177, 105709.
3. Норалиев Н.Х., Кудаева Ф.Х. Технические и программные средства умного сельского хозяйства. Журнал Весник аграрной науки, № 2 (8/2) 2023, 28-31 стр.
4. Норалиев Н.Х.,Юсупова Ф.,Кувандиков А. Точное земледелие в цифровом сельском хозяйстве. // Вестник науки и образования, 23-3 (101). 2020 г. Стр. 14-17.