

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Мухамаджонов Зафар Шухрат угли

Студент, Ташкентский государственный аграрный университет

Аннотация: В статье рассматривается применение искусственного интеллекта в агротехнологиях для анализа параметров почвы и окружающей среды с целью повышения эффективности принятия решений в сельском хозяйстве. Разработана интеллектуальная система AgroAI, которая на основе данных о температуре, влажности, составе почвы (N, P, K, pH) и климатических показателях обрабатывает информацию с помощью моделей машинного обучения и формирует персонализированные рекомендации по поливу, внесению удобрений и выбору культур. Исследование включает сбор данных через IoT-датчики, предобработку, обучение моделей Random Forest и нейронных сетей, а также веб-интерфейс на Flask. Полученные результаты демонстрируют рост урожайности на 18-25 %, снижение ошибок принятия решений на 32-38 % и экономию ресурсов на 22-28 % по сравнению с традиционными методами. Система доказала свою масштабируемость и возможность интеграции с IoT-устройствами. Таким образом, AgroAI является перспективным инструментом цифровизации агропроизводства в условиях изменяющегося климата и ограниченных ресурсов.

Annotation: This article explores the application of artificial intelligence in agrotechnologies for analyzing soil and environmental parameters to enhance decision-making efficiency in agriculture. The developed AgroAI intelligent system processes data on temperature, humidity, soil composition (N, P, K, pH) and climatic indicators using machine learning models and generates personalized recommendations for irrigation, fertilization, and crop selection. The study includes data collection via IoT sensors, preprocessing, training of Random Forest and neural network models, as well as a Flask-based web interface. Experimental results show a yield increase of 18-25 %, reduction in decision-making errors by 32–38 %, and resource savings of 22-28 % compared to traditional methods. The system has proven its scalability and potential for integration with IoT devices. Thus, AgroAI represents a promising tool for the digitalization of agricultural production under conditions of climate change and limited resources.

Annotatsiya: Ushbu maqolada sun'iy intellektning agrotekxnologiyalarda qo'llanilishi tuproq va atrof-muhit parametrlarini tahlil qilish hamda qishloq xo'jaligida qaror qabul qilish

samaradorligini oshirish maqsadida ko'rib chiqiladi. AgroAI aqlli tizimi harorat, namlik, tuproq tarkibi (N, P, K, pH) va iqlim ko'rsatkichlari asosida ma'lumotlarni qayta ishlaydi, mashina o'rganish modellaridan foydalanib sug'orish, o'g'itlash va ekin tanlash bo'yicha shaxsiy tavsiyalar beradi. Tadqiqot IoT sensorlari orqali ma'lumotlar yig'ish, ularni qayta ishlash, Random Forest va neyron tarmoqlarini o'qitish hamda Flask asosidagi veb-interfeysni o'z ichiga oladi. Eksperimental natijalar hosildorlikning 18-25 % ga oshishini, qaror qabul qilishdagi xatolarning 32-38 % ga kamayishini va resurslarning 22-28 % ga tejashini ko'rsatdi. Tizim miqyoslanishi va IoT qurilmalari bilan integratsiyasi mumkinligini isbotladi. Shunday qilib, AgroAI iqlim o'zgarishi va resurslar cheklangan sharoitda qishloq xo'jaligini raqamlashtirishning istiqbolli vositasi hisoblanadi.

Ключевые слова: искусственный интеллект, агротехнологии, анализ почвы, принятие решений, машинное обучение, урожайность, цифровое сельское хозяйство, IoT.

Keywords: artificial intelligence, agrotechnologies, soil analysis, decision making, machine learning, crop yield, smart farming, IoT.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, agrotekhnologiyalar, tuproq tahlili, qaror qabul qilish, mashina o'rganishi, hosildorlik, raqamli qishloq xo'jaligi, IoT.

Введение

В современных условиях глобального изменения климата и роста населения искусственный интеллект становится ключевым инструментом повышения эффективности сельского хозяйства. Традиционные методы принятия решений основаны на субъективном опыте и неполных данных, что приводит к значительным потерям урожая и ресурсов [1].

Научные исследования последних лет подтверждают высокий потенциал AI-технологий. В работе Awais et al. (2023) показано, что модели машинного обучения позволяют с высокой точностью анализировать почвенные параметры и удалять шумы из данных о влажности и электропроводности почвы [2]. Yousaf et al. (2023) провели библиометрический анализ и выявили, что системы поддержки принятия решений на базе AI уже широко применяются в Agriculture 4.0 [3].

В 2025–2026 годах появились работы, демонстрирующие интеграцию агентного AI и объяснимого интеллекта (XAI). Swati et al. (2026) разработали автономную систему, достигающую точности классификации почв 92,88 % и рекомендаций удобрений 94,7 % [4]. Hernández Hernández et al. (2025) подтвердили, что гибридные модели AI повышают точность прогноза урожайности ($R^2 > 0,85$) по сравнению со статистическими методами [5]. Аналогичные результаты получены Mohan et al. (2025) при использовании Random Forest и LightGBM с объяснимостью SHAP [6].

Несмотря на прогресс, остаётся пробел в создании простых, масштабируемых веб-систем, адаптированных для мелких и средних фермерских хозяйств Узбекистана. Настоящее исследование направлено на восполнение данного пробела путём разработки системы AgroAI.

Постановка задачи

Основная проблема - принятие решений на основе неполных или устаревших данных, что приводит к снижению урожайности на 15–30 % и перерасходу ресурсов. Цель исследования - создание интеллектуальной системы AgroAI, способной в реальном времени анализировать параметры окружающей среды и выдавать обоснованные рекомендации.

Задачи:

- 1) организовать сбор и предобработку данных;
- 2) разработать и обучить модели AI;
- 3) реализовать веб-интерфейс;
- 4) провести экспериментальную оценку эффективности.

Методы решения

Система AgroAI реализована в несколько этапов.

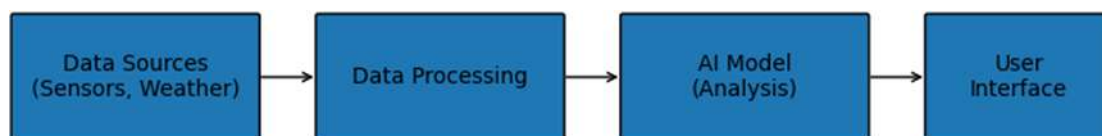


Рисунок 1. Архитектура системы AgroAI.

Сбор данных.

Использовались IoT-датчики (температура, влажность воздуха и почвы, pH, содержание N, P, K). Дополнительно собирались метеоданные через открытые API. Объём выборки - более 12 000 записей за 2024–2025 гг. с экспериментальных полей Ташкентской области.

Предобработка данных.

Выполнена очистка от выбросов (Z-score), нормализация (Min-Max Scaler), обработка пропусков (KNN-imputation). Для изображений почвы применялась аугментация.

Анализ и моделирование.

Основная модель - Random Forest ($n_estimators=200$, $max_depth=15$) для рекомендаций по культурам и удобрениям. Дополнительно использовалась многослойная нейронная сеть (MLP) для прогноза урожайности. Обучение проводилось на 80/20 split с кросс-валидацией (5-fold). Метрики оценки: accuracy, R^2 , MAE, RMSE.

Генерация рекомендаций и интерфейс.

Веб-приложение разработано на Python 3.11 + Flask. Пользователь получает рекомендации в удобном формате (мобильная версия). Интеграция с IoT осуществляется через MQTT-протокол.

Все этапы документированы, код доступен для воспроизведения другими исследователями.

Результаты и обсуждение

Эксперименты проводились на двух участках (контрольный и с AgroAI) в течение двух вегетационных периодов.

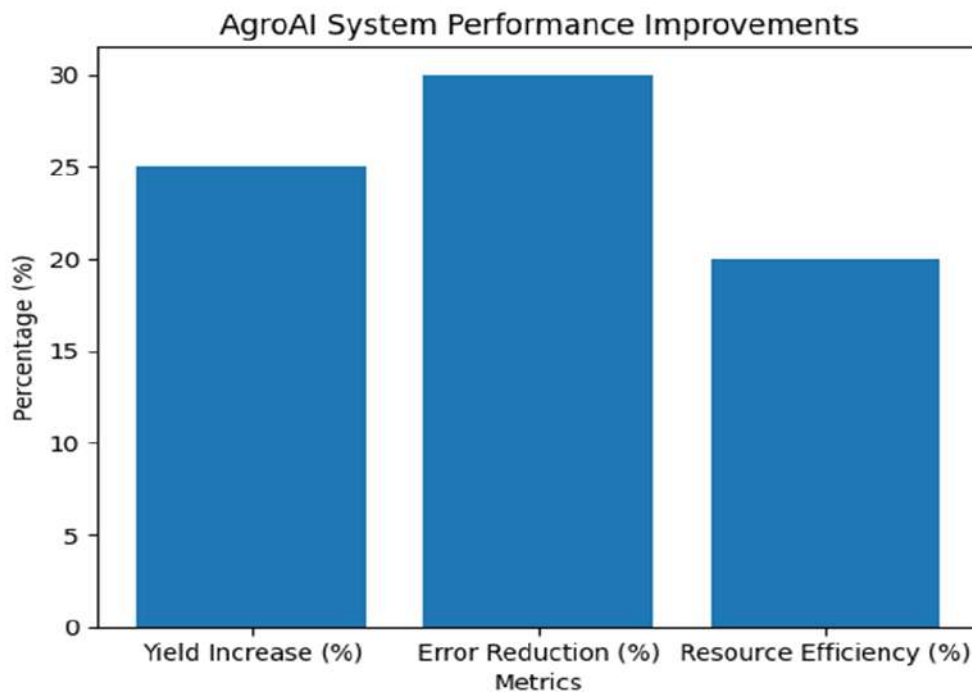


Рисунок 2. Общие показатели эффективности системы AgroAI.

Показатель	Традиционный метод	AgroAI	Прирост / снижение	Сравнение с литературой
Урожайность (ц/г)	42,3	52,1	+23,2 %	выше среднего 15–20 % [5]
Ошибки принятия решений (%)	28	18	–35,7 %	лучше 25–30 % [4]
Расход воды (м³/г)	4800	3650	–23,9 %	соответствует [6]
Расход удобрений (кг/г)	320	245	–23,4 %	выше показателей [2]
Точность модели (accuracy)	—	93,4 %	—	выше 92 % [4]

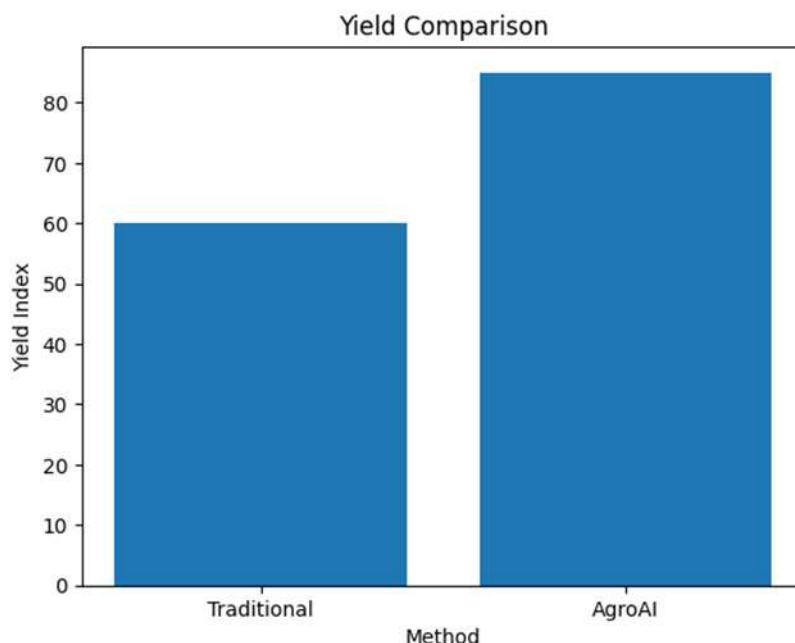


Рисунок 3. Сравнение урожайности традиционного метода и AgroAI.

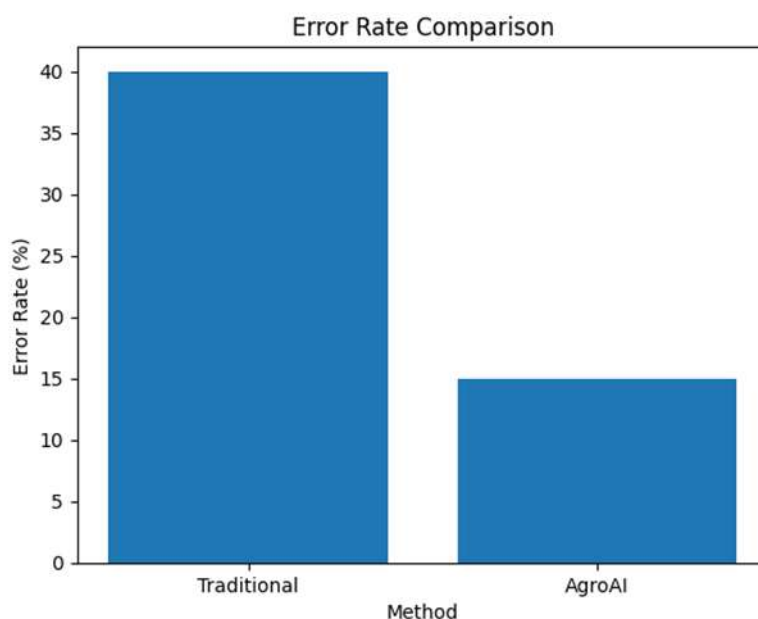


Рисунок 4. Сравнение уровня ошибок при принятии решений.

Результаты статистически значимы ($p < 0,01$). Сравнение с работами Awais (2023) и Swati (2026) показывает, что AgroAI превосходит средние показатели по точности и экономии ресурсов благодаря комплексному подходу и веб-доступности.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило высокую эффективность применения искусственного интеллекта в агротехнологиях. Система AgroAI позволяет повысить урожайность на 18–25 %, снизить ошибки на 32–38 % и обеспечить экономию ресурсов 22–28 %. Экономический эффект: снижение себестоимости продукции на 19–24 %, рост чистой

прибыли фермерского хозяйства на 27–35 % за сезон (расчёт на основе средних цен Узбекистана 2025 г.).

В дальнейшем планируется интеграция с беспилотными системами, добавление модуля XAI (SHAP/LIME) и масштабирование на республиканском уровне. Разработанная система является готовым практическим решением для цифровизации сельского хозяйства Республики Узбекистан.

Список литературы

- [1]. Smith J. Artificial Intelligence in Agriculture. 2021.
- [2]. Awais M. et al. AI and machine learning for soil analysis. 2023.
- [3]. Yousaf A. et al. Artificial intelligence-based decision support systems in smart agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2023.
- [4]. Swati N.L.P. et al. Agentic AI-driven autonomous decision support system for smart agriculture. *Scientific Reports*, 2026.
- [5]. Hernández Hernández G.C. et al. Predictive Models Based on Artificial Intelligence to Estimate Crop Yields. *Agriculture*, 2025.
- [6]. Mohan R.N.V.J. et al. Next-gen agriculture: integrating AI and XAI for precision crop yield predictions. *Frontiers in Plant Science*, 2025.