Materiallar to'plami · Conference Proceedings
"ZAMONAVIY TADQIQOTLAR VA BARQAROR RIVOJLANISH" respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi
04 August 2026
UDK 7
IJTIMOIY-GUMANITAR FANLAR

«УМНАЯ КАПЛЯ»: КАК ИИ СПАСАЕТ ВОДУ В УЗБЕКИСТАНЕ

Xumoyun Boxodirjon o'g'li Mamurov*
Farg'ona davlat universiteti, mustaqil tadqiqotchisi
✉ xumoyunmamurov5538@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В условиях усугубляющегося высыхания Аральского моря и нарастающего дефицита водных ресурсов Узбекистан стоит перед необходимостью коренного пересмотра подходов к ирригации. В статье рассмотрен симбиоз капельного орошения и технологий искусственного интеллекта (ИИ) как инструмент кардинального повышения эффективности водопользования. Проанализированы климатические, почвенные и инфраструктурные особенности республики, ограничивающие применение традиционных методов полива. На основе данных международных организаций и национальных исследований показано, что ИИ-управляемое капельное орошение способно сократить расход воды в 2–3 раза, одновременно увеличивая урожайность и снижая риски засоления. Выделены основные технологические компоненты, рассчитан экономический эффект на примере сладкого перца в Самаркандской области и обозначены барьеры, требующие государственной и научной поддержки.

Ключевые слова

искусственный интеллект, капельное орошение, Узбекистан, водный дефицит, засоление почв, предиктивная аналитика, фертигация.

DOI: 10.5281/zenodo.21743882

Введение

Традиционный арычный полив, веками обеспечивавший жизнь в Центральной Азии, в XXI веке демонстрирует свою несостоятельность перед лицом климатических изменений и демографического роста. По оценкам ФАО, в Узбекистане на орошаемое земледелие приходится около 90% всего водозабора, при этом коэффициент полезного использования воды редко превышает 50–55% [1]. Иными словами, почти половина драгоценной влаги теряется на испарение и фильтрацию. Переход на капельное орошение позволил сократить потери, но именно внедрение искусственного интеллекта превращает эту технологию из пассивного дозатора в самообучающуюся систему, способную предвидеть стресс растений и адаптироваться к резко континентальному климату Узбекистана.

1. Почему «капля» без интеллекта уже не решает проблему

Климат республики характеризуется аридностью, высокими летними температурами (до +45 °C и выше) и значительными суточными перепадами, а также пыльными бурями (афганец), резко иссушающими верхний почвенный горизонт. Традиционное капельное орошение, управляемое таймерами или ручными клапанами, не способно оперативно реагировать на эти явления: фермеры, как правило, ориентируются на календарные графики или видимые признаки увядания листьев, запаздывая с поливом на несколько суток [2].

Искусственный интеллект устраняет человеческий фактор. Нейросеть, обученная на данных локальных метеостанций и почвенных сенсоров, непрерывно анализирует десятки параметров: влажность на разных глубинах, прогноз пыльных бурь, скорость ветра, интенсивность солнечной радиации. Такой подход позволяет не просто восполнять влагу, а предвосхищать потребности растений, что особенно важно в условиях возвратных весенних заморозков и внезапных волн жары.

2. Архитектура ИИ-оросительной сети в условиях Бухары или Ферганы

Типичная система точного орошения на поле хлопчатника или томатов включает три контура:

1. Сенсорный и IoT-уровень. Датчики, установленные на глубинах 20 и 40 см, регистрируют влажность, температуру и электропроводность почвы, передавая данные в облачное хранилище каждые 15–30 минут. Контроль электропроводности принципиален для Узбекистана, где вторичное засоление поражает до 60% орошаемых земель [3].

2. Спутниковый и дроновый мониторинг. Анализ нормализованного вегетационного индекса (NDVI) с помощью мультиспектральных снимков позволяет ИИ выявлять водный или солевой стресс на 5–7 дней раньше, чем он станет заметен агроному визуально [4]. Беспилотники отечественной сборки, испытываемые в IT-парках республики, уже доказали пригодность для малых и средних хозяйств [5].

3. Предиктивный аналитический центр. Серверная или облачная нейросеть сопоставляет прогноз погоды с состоянием почвы и выдает команды клапанам. Например, при ожидаемом похолодании до +2 °C полив блокируется во избежание холодового шока корней; при аномальной жаре через 48 часов система назначает усиленный ночной полив, снижающий испарение и использующий льготный ночной тариф на электроэнергию.

3. Адаптация к местным реалиям: соль, хлопок и нестабильное электричество

Узбекские почвы несут в себе уникальный вызов — почти повсеместное засоление. При недостаточном промывном режиме соли поднимаются по капиллярам к корнеобитаемому слою, резко снижая урожайность. Алгоритмы машинного обучения, разработанные специально для почв бассейна Арала, умеют рассчитывать так называемую «промывную норму» — минимальный дополнительный объем воды (обычно 3–5% от базового полива), который вытесняет солевой горизонт вниз без напрасного расхода влаги [6]. Практические эксперименты в Хорезмской области подтвердили, что такая стратегия на 15–20% эффективнее типовых рекомендаций.

Не менее остро стоит вопрос энергоснабжения. В отдаленных хозяйствах перебои с электричеством остаются регулярными. Современные ИИ-контроллеры интегрируются с солнечными панелями и накопителями: в часы максимальной генерации энергия питает насос напрямую и заряжает аккумуляторы, а ночной полив (наиболее эффективный в аридной зоне) осуществляется от батарей, сводя к минимуму использование дизель-генераторов [7].

4. ИИ за рамками воды: машинное зрение против вредителей

Технология выходит далеко за рамки собственно орошения. Система фертигации (подача удобрений с поливной водой) под управлением нейросети способна интегрироваться с камерами компьютерного зрения. Дроны или стационарные камеры распознают очаги тутовой огневки, хлопковой совки или тли на ранних стадиях. После идентификации ИИ-дозатор вводит в воду микроэлементы, делающие сок растений токсичным избирательно для вредителя, избегая сплошного опрыскивания инсектицидами. Такая практика не только сокращает пестицидную нагрузку на 30–50%, но и повышает безопасность узбекской плодоовощной продукции, что критически важно для экспорта на рынки Евросоюза и стран Персидского залива [8].

5. Практический кейс: сладкий перец в Самаркандской области

Для количественной иллюстрации эффекта рассмотрим модельный гектар сладкого перца.

Метод полива Расход воды, м³/га за сезон Урожайность, т/га Водный след, м³/т

Показатель	Традиционный полив	Капельный (ручной)	Капельный + ИИ
Расход воды,м³/га	13 000	6 500	3 800
Урожайность,т/га	18	22	27
Водный след,м³/т	722	295	141

Таблица составлена по усредненным данным полевых опытов Самаркандского филиала НИИ овощебахчевых культур и картофеля за 2022–2023 гг. [9].

Переход на ИИ-регулируемый полив сокращает расход воды в 3,4 раза относительно бороздкового метода и на 41% по сравнению с ручным управлением капельницей. При этом рост урожайности на 22–23% обусловлен

отсутствием осмотического стресса и своевременной фертигацией. Водный след 1 тонны продукции снижается до 141 м³, что приближается к показателям Южной Европы и открывает доступ к «зеленым» сертификатам.

6. Барьеры и системные решения Несмотря на впечатляющие результаты, массовое внедрение ИИ-орошения тормозится не столько стоимостью оборудования, сколько дефицитом локализованных данных. Большинство моделей машинного обучения построены на массивах информации из стран с умеренным климатом и не учитывают специфику узбекских такыров и гибридов семян [10]. Ученые Ташкентского государственного аграрного университета совместно с резидентами IT-Park ведут работу над созданием «цифровых двойников» районированных культур — хлопчатника, томатов, винограда. Вторым препятствием остается сложность интерфейсов. Фермеру нужен не аналитический дашборд, а простой канал коммуникации: push-уведомление или сообщение в Telegram-боте с четкой инструкцией. Первые такие решения уже пилотируются в Ферганской долине при поддержке ПРООН [11].

Наконец, стратегический резерв лежит в интеграции отдельных «умных» хозяйств в единую государственную систему водного баланса. Если алгоритмы будут управлять поливом не на уровне одного фермера, а в масштабе целого массива, появится возможность справедливо распределять ограниченные ресурсы Сырдарьи и Амударьи, предотвращая как перерасход, так и локальные засухи.

Заключение

Искусственный интеллект в капельном орошении — не дань моде, а математически обоснованный инструмент выживания аграрного сектора Узбекистана. Там, где опытный дехканин полагается на интуицию, нейросеть опирается на непрерывный поток данных, предупреждая стресс культур и экономя до 60% воды. Для республики, теряющей водные ресурсы на глазах, такой симбиоз древнего искусства полива и современных алгоритмов оставляет шанс остаться цветущим оазисом в центре Азии.

Литература и источники

[1] FAO. AQUASTAT Country Profile – Uzbekistan. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2022.

[2] Каримов А.Х., Рахимов Ш.Т. Эффективность капельного орошения в условиях резко континентального климата // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 15–22.

[3] International Water Management Institute (IWMI). Salinity management in Central Asia: Research Report 178. Colombo, 2023.

[4] Юсупов М.М., Абдуллаев Б.Р. Применение NDVI-мониторинга для раннего выявления стресса растений в Узбекистане // Вестник аграрной науки Узбекистана. – 2022. – № 4. – С. 45–53.

[5] IT-Park Uzbekistan. Отчет о пилотных проектах по агродронам. Ташкент, 2023. – URL: https://itpark.uz/agro (дата обращения: 15.05.2024).

[6] Алимова Н.Р. Цифровые двойники сельскохозяйственных культур: адаптация моделей к засоленным почвам Хорезма // Сборник трудов Международной конференции «Smart Agriculture». – Ташкент: Фан, 2023. – С. 102–110.

[7] Петров Д.В., Мухамедов Ж.Ш. Энергоэффективные решения для капельного орошения с интеграцией солнечных панелей. – Ташкент: Изд-во «Фан», 2023. – 148 с.

[8] Министерство сельского хозяйства Республики Узбекистан. Концепция развития биологической защиты растений на 2022–2026 гг. Ташкент, 2022.

[9] Самаркандский НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля. Сравнительный анализ методов орошения сладкого перца: полевой отчет за 2022–2023 гг. Самарканд, 2024.

[10] Ganiev I., Lee S. Machine learning models for irrigation scheduling in arid zones: challenges of localization // Central Asian Journal of Water Research. – 2023. – Vol. 9, № 1. – P. 24–39.

[11] UNDP Uzbekistan. Digital solutions for climate-resilient agriculture in the Fergana Valley: project brief. Tashkent, 2024. – URL: https://www.undp.org/uzbekistan (дата обращения: 18.05.2024).