


УДК 656 (035.3)

DOI 10.52167/1609-1817-2024-135-6-302-311

Р.Т. Аманова¹ , Б.А. Бельгибаев¹, М.Е. Мансурова¹,
М.У. Сулейменова², С.Б. Абдрешова³

¹Казахский Национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

³Energo University, Алматы, Казахстан

E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com

IoT- СМАРТ ТЕПЛИЦА С РОБОТОМ ПОЛИВАЛЬЩИКОМ

Аннотация. Статья акцентирует внимание на важности точного управления поливом и микроклиматом в мини-теплицах в условиях резко континентального климата Казахстана. Рассматриваются современные методы орошения, включая роботизированные системы полива с использованием IoT, которые адаптируются к потребностям растений и климатическим условиям. Технологии автоматизации позволяют оптимизировать расход воды, повысить урожайность и улучшить устойчивость тепличных систем, делая их более эффективными и рентабельными для использования в экстремальных климатических условиях.

Ключевые слова. Интернет вещей (IoT), умные системы полива, агро-технологии, нейро-компьютерные методы.

Введение.

Тепличное хозяйство является важным элементом аграрного сектора Казахстана, особенно в условиях резко континентального климата, который характеризуется суровыми зимами и жарким летом. В условиях глобальной урбанизации и увеличения населения мегаполисов, таких как Алматы, Астана и другие крупные города, потребность в свежих овощах и зелени, доступных круглый год, становится всё более актуальной. Однако отечественное производство не всегда способно удовлетворить этот спрос, особенно в межсезонье, что делает страну зависимой от импорта сельскохозяйственной продукции. Для решения этой проблемы необходимо внедрение инновационных технологий, таких как роботизированные системы и платформы Интернета вещей (IoT), которые становятся ключевыми направлениями для модернизации тепличного хозяйства и повышения его экономической эффективности.

В этом контексте тепличное растениеводство приобретает всё большее значение, позволяя круглогодично выращивать широкий спектр видов растений в контролируемых условиях окружающей среды. Теплицы создают оптимальные условия для выращивания культур, что способствует повышению урожайности и увеличению продолжительности вегетационного периода по сравнению с традиционным выращиванием в открытом грунте [1]. Одним из главных преимуществ тепличного производства является возможность точного контроля факторов окружающей среды, таких как температура, влажность и уровень освещенности. Это даёт возможность выращивать культуры, которые не подходят для местного климата, и получать урожаи вне зависимости от сезона, что особенно ценно для регионов с экстремальными климатическими условиями [2], как в Казахстане. Таким образом, передовые технологии тепличного хозяйства имеют решающее значение для обеспечения продовольственной безопасности страны и устойчивого развития аграрного сектора.

Тепличные культуры можно разделить на две основные категории: культуры для теплой погоды и культуры для прохладной погоды. Культуры для теплой погоды, такие

как томаты, перцы и огурцы, процветают в более теплых условиях и требуют более высоких температур для оптимального роста [2][3]. С другой стороны, культуры прохладной погоды, такие как салат, шпинат, руккола, петрушка и брокколи, предпочитают более прохладные температуры и могут негативно реагировать на чрезмерную жару, что может приводить к снижению урожайности и ухудшению качества продукции [15].

Полив также имеет решающее значение в тепличном растениеводстве, поскольку поддержание необходимого уровня влажности почвы является залогом здоровья и продуктивности растений. Различные методы орошения могут быть использованы для создания идеальных условий для роста культур. На развитие корней, фотосинтез и общую продуктивность значительно влияет тип орошения. Например, Ma et al. считают прикорневое орошение инновационным методом, который повышает эффективность использования воды и урожайность культур при одновременном минимальном воздействии на окружающую среду. Подача воды непосредственно в корневую зону является основной целью этого подхода, который значительно улучшает рост растений и использование ресурсов[4].

Ким сосредоточился на подповерхностное орошение, которое оптимизирует диффузию воды в различных типах почвы, обеспечивая эффективную доставку влаги к корням, что крайне важно в условиях засухи [5]. Yang предлагает подповерхностный капельный полив (SDI), способствующий более глубокому росту корней, но он может привести к неравномерному распределению влаги. Альтернативно, системы подповерхностного орошения с применением керамических эмиттеров (SICE) обеспечивают более стабильную среду, увеличивая плотность корней и урожайность по сравнению с SDI [6].

Интересное дополнение к этим методам представляет работа Зишана Ахмеда и его коллег, которые исследовали умное управление орошением в условиях засушливых регионов. Они подчеркивают важность применения искусственного интеллекта, прогнозирующих систем орошения и технологий переменной нормы полива (VRI). Эти технологии позволяют значительно повысить водоеффективность, делая полив более точным и адаптированным к условиям почвы и потребностям растений. В условиях климатических изменений и нехватки водных ресурсов такие подходы становятся важными для повышения урожайности и устойчивости сельского хозяйства [7].

Также, существуют беспочвенные системы, распространенные в Европе, часто сталкивающиеся с проблемами вымывания нитратов, что требует улучшения методов управления [8]. Nikolaou и его соавторы считают, что точный полив с использованием датчиков влажности почвы и мониторинга растений позволяет оптимизировать использование воды, адаптируясь к потребностям культур [9]. Sukarna и его коллеги представили систему управления на основе IoT для клубничных растений, которая показала, что точный полив может значительно ускорить рост, а оптимальные результаты достигаются при поливе каждые два дня [10].

Rhuanito Soranz Ferrarezi и Tzu Wei Peng разрабатывают интеллектуальные системы полива на основе IoT, которые автоматически собирают и передают данные о влажности почвы, температуре и электрической проводимости, что позволяет оптимизировать полив и снижать затраты на рабочую силу. Такие системы позволяют удаленно управлять поливом, что особенно ценно для небольших хозяйств, где автоматизация может существенно повысить производительность [11]. А ученые из Лаборатории по улучшению сельскохозяйственного производства, биотехнологии и окружающей среды (LAPAVE) при Университете Мохаммеда Первого в Марокко пришли к выводу, что частичное прикорневое орошение является эффективным методом, позволяющим повысить урожайность сельскохозяйственных культур и снизить загрязнение почвы и воды. Их

исследование подчеркивает важность использования точных методов орошения для оптимизации водных ресурсов в условиях засушливых регионов[12]. Zhong Jiangang разработал устройство прикорневого орошения для выращивания рассады, которое позволяет направлять воду непосредственно к корням растений, снижая испарение и обеспечивая эффективное использование водных ресурсов. Эта технология имеет большой потенциал для использования в теплицах, где важно поддерживать стабильные условия полива для молодых растений [13]. Ezekiel Chimana и его коллеги исследовали автоматизированные системы полива и удаленного мониторинга для теплиц, что позволяет оптимизировать процессы управления водными ресурсами и сократить затраты на ручной труд. Такие технологии особенно актуальны в условиях ограниченных водных ресурсов и изменяющегося климата [14].

Таким образом, внедрение IoT-технологий и роботизированных систем полива является перспективным направлением для модернизации тепличного хозяйства Казахстана. Такие инновации повышают урожайность и снижают затраты на водные ресурсы. Кроме того, они играют важную роль в обеспечении устойчивого развития аграрного сектора в условиях урбанизации и глобального климатического изменения.

Казахстан сталкивается с вызовами экстремальных климатических условий, включая резкие колебания температуры и ограниченные водные ресурсы. Эти факторы создают необходимость в более эффективных методах управления микроклиматом и поливом в тепличных хозяйствах. Традиционные подходы часто не справляются с этими задачами, что приводит к нерациональному использованию ресурсов и снижению урожайности. Введение передовых технологий, таких как роботизированные системы полива и IoT-устройства, представляет собой перспективное решение для повышения устойчивости и экономической эффективности тепличного производства в стране.

Цель данной статьи заключается в рассмотрении современных технологий роботизации и автоматизации теплиц, направленных на повышение эффективности аграрного сектора Казахстана. Основная задача исследования — оценка экономической эффективности и возможностей внедрения автономных роботизированных систем для полива, а также интеграции IoT-устройств для управления климатическими условиями в теплицах. В статье особое внимание уделяется анализу роботизированных систем полива, способных обеспечивать точечное орошение с учетом потребностей растений и климатических особенностей региона, а также оптимизации использования водных и энергетических ресурсов. Представленные решения не только способствуют повышению урожайности и снижению затрат, но и играют ключевую роль в обеспечении устойчивого развития аграрного сектора в условиях глобальных климатических изменений и урбанизации, что особенно актуально для Казахстана.

Материалы и методы.

Для разработки роботизированной системы полива в мини-теплицах использовался комплексный метод, включающий интеграцию различных сенсоров, исполнительных механизмов и интеллектуальных алгоритмов управления для адаптивного и точного орошения растений. Центральной частью системы является контроллер (Raspberry Pi), который координирует работу всех компонентов, начиная от сбора данных с сенсоров влажности и температуры почвы и заканчивая управлением двигателями робота, обеспечивающими подачу воды.

Для распознавания растений и QR-кодов система использует технологии компьютерного зрения с применением алгоритмов OpenCV, что позволяет адаптировать полив в соответствии с индивидуальными потребностями растений, задаваемыми по циклограмме. Робот оснащен инфракрасными и ультразвуковыми сенсорами, что позволяет ему избегать препятствий и корректировать маршрут движения в ограниченном

пространстве теплицы. За передвижение отвечают мотор-редукторы с энкодерами, которые обеспечивают высокую точность позиционирования и маневрирование в стесненных условиях.

Манипуляторы, управляемые двигателями, точно направляют поток воды непосредственно к растениям, минимизируя потери и повышая эффективность орошения. Технология FPV (First-Person View) предоставляет оператору возможность наблюдать за работой робота в реальном времени, что способствует улучшению контроля и точности выполнения задач. Вся система функционирует по четко организованной схеме, включающей этапы инициализации, сбора и анализа данных, определения потребностей растений в воде и динамической корректировки параметров полива, что отражено на схеме (Рисунок 1).

Такой подход обеспечивает высокую точность и эффективность управления поливом, что позволяет не только адаптировать работу робота под специфические условия мини-теплиц, но и существенно оптимизировать использование воды и других ресурсов, снижая затраты на эксплуатацию и повышая производительность тепличного хозяйства. В результате, внедрение таких систем способствует снижению операционных расходов за счет экономии воды и минимизации затрат на ручной труд, что делает тепличное производство более экономически эффективным и конкурентоспособным.

Экономическая эффективность предложенной системы заключается в снижении затрат на водные и энергетические ресурсы, повышении урожайности и уменьшении зависимости от сезонных факторов, что особенно важно в условиях растущей урбанизации и климатических изменений. Таким образом, роботизированные системы полива не только улучшают управляемость теплиц, но и вносят значительный вклад в устойчивое развитие аграрного сектора.

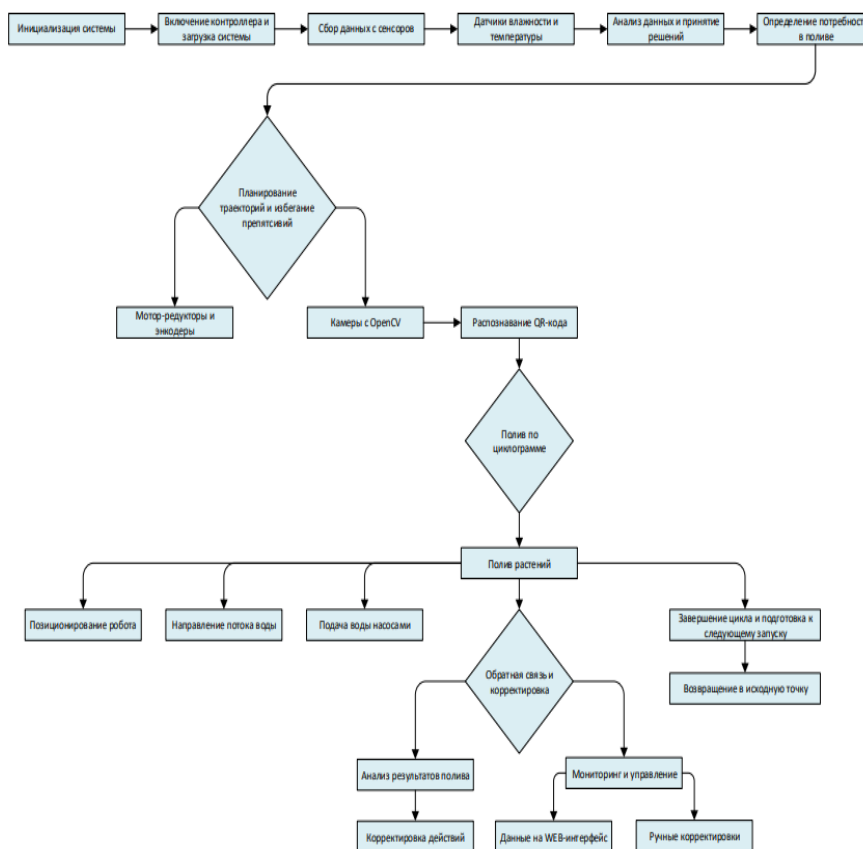


Рисунок 1 - Схема работы роботизированной системы полива

Результаты и обсуждения.

В исследовании была разработана и протестирована система адаптивного полива растений в мини-теплицах, учитывающая циклограмму полива в зависимости от фаз роста и потребностей растений. Рисунки 2,3,4 демонстрируют, что потребность в воде у растений, таких как салат, петрушка и руккола, меняется на протяжении жизненного цикла, начиная с минимальных значений на ранних этапах и достигая максимума в фазе активного роста, после чего снижается в период созревания.

Роботизированная система точно определяет необходимые объемы воды для каждого растения на основе сенсоров влажности почвы и алгоритмов компьютерного зрения. Система динамически адаптирует полив в зависимости от изменений в потребности растений, что позволяет поддерживать оптимальные условия для их роста. Такой подход не только снижает расход воды, но и обеспечивает точное попадание орошения на нужные участки, что улучшает состояние растений и повышает их продуктивность.

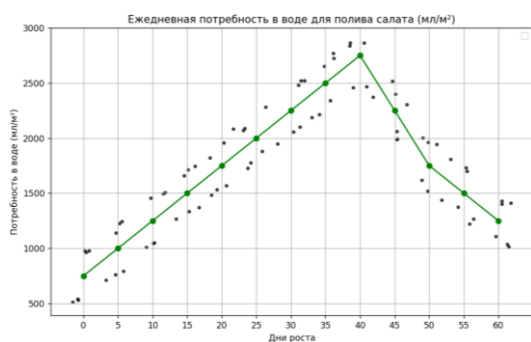


Рисунок 2 - Потребности в поливе салата и петрушки

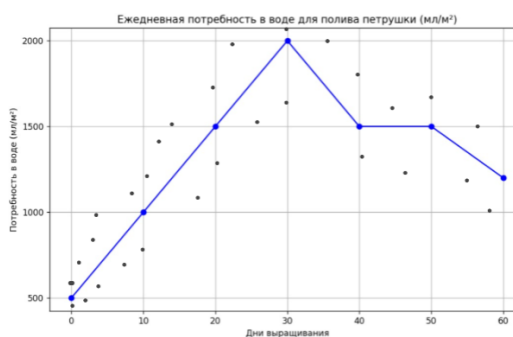


Рисунок 3 - Потребности в поливе салата и петрушки

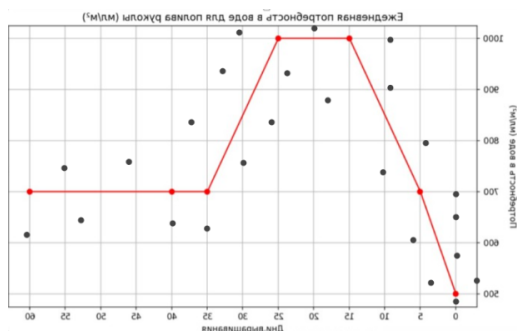


Рисунок 4 - Потребности в поливе рукколы

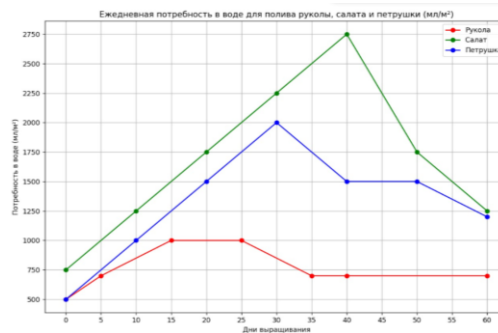


Рисунок 5 - Сравнительный анализ салата, петрушки и рукколы

Из объединенного графика рисунок 5, который показывает потребности в воде для полива салата, петрушки и рукколы, видно, что потребности различных растений значительно различаются на разных этапах их роста. Салат требует наибольшего количества воды, особенно в фазе активного роста, достигая максимума к 40-му дню. Петрушка также показывает высокую потребность в воде, но её максимум приходится на более ранний период (около 30-го дня), после чего она стабилизируется и постепенно снижается. Руккола, напротив, демонстрирует относительно стабильную потребность в воде на протяжении всего цикла, с умеренным пиком на 30-й день, и остаётся стабильной до конца периода выращивания. Этот график подчеркивает важность дифференцированного подхода к управлению поливом для различных видов растений, что делает предложенную роботизированную систему особенно ценной. Система позволяет

динамически подстраивать объем подачи воды в зависимости от индивидуальных нужд каждого растения, избегая излишнего и недостаточного полива, что в конечном итоге способствует оптимизации ресурсопотребления и поддержанию здорового роста растений на всех этапах их развития.

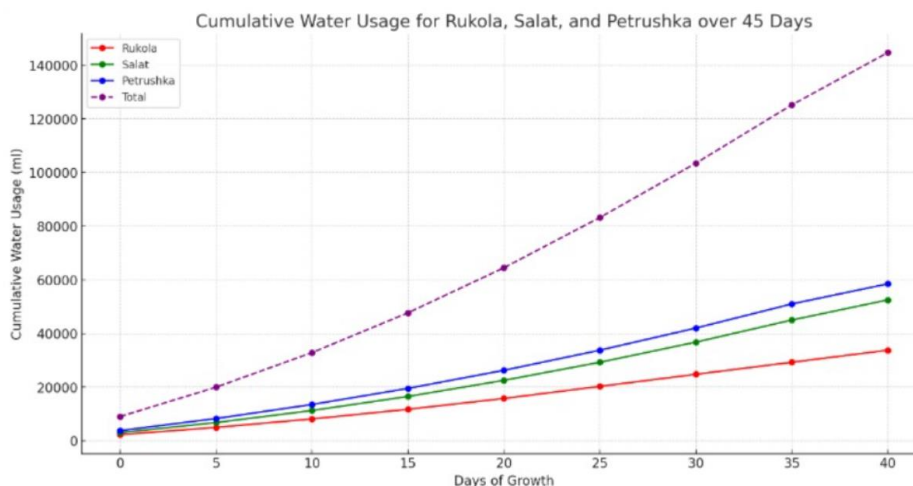


Рисунок 6 - Совокупное использование воды роботизированной системой полива

График 6, показывающий совокупное использование воды для рукоты, салата и петрушки за 45 дней, демонстрирует, что система роботизированного полива успешно адаптирует объем подачи воды под индивидуальные потребности каждой культуры на разных стадиях роста. Результаты показывают, что система обеспечивает рациональное распределение воды, снижая ее общий расход и оптимизируя условия для роста растений. Это подтверждает высокую эффективность предложенной системы в управлении поливом, что особенно важно для устойчивого сельского хозяйства.

Основное достижение заключается в том, что роботизированная система смогла динамически регулировать полив, минимизируя потери воды и поддерживая здоровье растений на всех этапах их развития. Это позволило улучшить продуктивность культур, сохранив при этом оптимальное водопотребление, что демонстрирует перспективность внедрения таких систем в тепличные хозяйства для повышения эффективности и устойчивости производства.

Для оценки экономической эффективности роботизированной системы полива был проведен сравнительный анализ затрат на традиционные методы орошения и роботизированные системы. На графике 7 представлены динамика затрат в течение шести лет для обоих подходов.

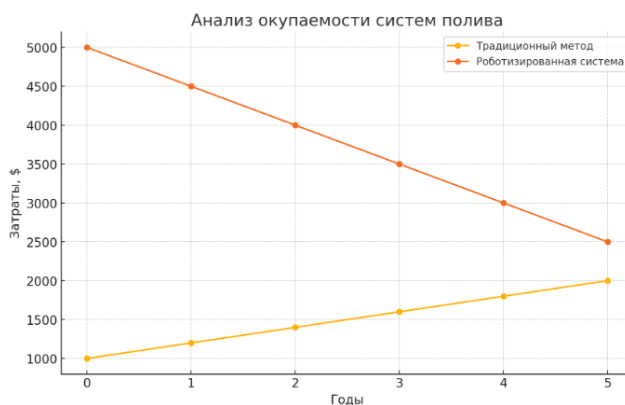


Рисунок 7 - Анализ окупаемости и рентабельности систем полива

Начальные затраты традиционных методов полива, таких как ручной полив и стандартные капельные системы, сравнительно низкие, но ежегодные эксплуатационные расходы, связанные с использованием воды и трудовыми ресурсами, постепенно растут. Это связано с непрерывным использованием водных ресурсов, которые часто используются нерационально, расходами на ручной труд и необходимостью регулярного обслуживания систем.

Напротив, роботизированные системы полива имеют высокие начальные затраты на установку и настройку оборудования, такого как роботы, сенсоры, контроллеры и алгоритмы управления. Тем не менее, уже в первые годы эксплуатации эксплуатационные расходы значительно снижаются благодаря автоматизации процесса и правильному управлению орошением. За счет использования адаптивного полива система экономит воду, требует меньше ручной работы и снижает вероятность вымывания питательных веществ из почвы.

Анализ графика показывает, что в первые годы затраты на роботизированную систему выше, чем на традиционные методы, однако с течением времени происходит снижение затрат на роботизированную систему, в то время как затраты на традиционные методы продолжают расти. Точка пересечения линий графика указывает на момент окупаемости роботизированной системы, после которого её использование становится более экономически выгодным по сравнению с традиционными методами.

Таким образом, внедрение роботизированных систем полива в тепличных хозяйствах обеспечивает не только технологическое преимущество, но и существенные экономические выгоды в долгосрочной перспективе. Экономия на эксплуатационных расходах и снижение зависимости от человеческого фактора делают эти системы особенно привлекательными для фермеров и инвесторов, стремящихся повысить эффективность своего аграрного производства в условиях ограниченных водных ресурсов и изменяющегося климата.

Результаты исследования показали, что внедрение роботизированной системы полива в мини-теплицах позволяет значительно улучшить управление водными ресурсами и адаптировать полив к индивидуальным потребностям различных культур, таких как салат, петрушка и руккола. Система использует комплексный подход, включая сенсоры влажности, температуры и компьютерное зрение, что обеспечивает высокую точность и эффективность полива.

Сравнительный анализ с традиционными методами полива показал, что роботизированные системы снижают затраты на воду и трудовые ресурсы, а также уменьшают вероятность переувлажнения или недостаточного полива растений. Благодаря автоматизации процессов и точному управлению орошением, эксплуатационные расходы существенно снижаются уже в первые годы эксплуатации, что делает систему экономически выгодной в долгосрочной перспективе.

Основное преимущество роботизированных систем заключается в их способности адаптироваться к изменениям внешней среды и потребностям растений в режиме реального времени. Алгоритмы машинного обучения, используемые для прогнозирования потребностей в поливе, позволяют системе динамически корректировать объемы воды, минимизируя потери и обеспечивая оптимальные условия для роста растений. Это особенно важно в условиях резко континентального климата Казахстана, где резкие перепады температуры и ограниченные водные ресурсы требуют точного контроля за микроклиматом теплиц.

Также стоит отметить, что предложенная система полива успешно решает проблемы, связанные с чрезмерным расходом воды и неравномерным распределением влаги, которые часто встречаются при использовании традиционных методов орошения. Интеграция с IoT-устройствами позволяет удаленно управлять системой и оперативно

реагировать на изменения условий окружающей среды, что повышает общую продуктивность и устойчивость тепличного производства.

Экономическая эффективность системы подтверждается анализом окупаемости: внедрение роботизированного полива показывает значительное сокращение эксплуатационных затрат уже на третьем году использования, что выгодно отличает её от традиционных методов. Это делает систему привлекательной для фермеров и инвесторов, заинтересованных в повышении рентабельности аграрного производства.

Несмотря на очевидные преимущества, следует учитывать, что начальные затраты на установку и настройку оборудования остаются высоким барьером для внедрения, особенно для малых и средних хозяйств. Важно также обеспечить доступ к технической поддержке и обучению пользователей для успешной эксплуатации системы.

В заключение, результаты исследования подтверждают, что роботизированные системы полива и алгоритмы машинного обучения являются перспективными инструментами для модернизации тепличного хозяйства Казахстана. Эти технологии способствуют рациональному использованию водных ресурсов, повышению урожайности и устойчивому развитию аграрного сектора, особенно в условиях глобальных климатических изменений и растущей урбанизации. Дальнейшие исследования могут быть направлены на улучшение энергопотребления и расширение функциональности системы для управления другими аспектами микроклимата теплицы.

Заключение.

Результаты исследования подтверждают, что применение роботизированных систем полива и IoT технологий в мини-теплицах Казахстана обеспечивает высокую эффективность в управлении водными ресурсами и поддержании оптимального микроклимата. Эти системы позволяют автоматически адаптировать полив с учетом фаз роста растений и условий окружающей среды, что снижает расход воды, увеличивает урожайность и улучшает качество продукции. Точечное орошение, основанное на данных сенсоров и алгоритмов управления, минимизирует потери ресурсов и снижает эксплуатационные затраты, делая тепличное производство более устойчивым и экономически эффективным даже в условиях экстремального климата. Внедрение таких инновационных решений способствует модернизации тепличного хозяйства, повышению рентабельности и поддержанию устойчивого развития аграрного сектора Казахстана, что особенно важно в условиях ограниченных водных ресурсов и резких температурных колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Xu J, Bai W, Wang J, Mu Z, Sun W, Dong B, Song K, Yang Y, Guo S, Shu S, et al. Study on the Cooling Effect of Double-Layer Spray Greenhouse. *Agriculture*. 2023; 13(7):1442. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071442>
- [2] Bersani C, Ouammi A, Sacile R, Zero E. Model Predictive Control of Smart Greenhouses as the Path towards Near Zero Energy Consumption. *Energies*. 2020; 13(14):3647. <https://doi.org/10.3390/en13143647>
- [3] Hemming S, de Zwart F, Elings A, Righini I, Petropoulou A. Remote Control of Greenhouse Vegetable Production with Artificial Intelligence—Greenhouse Climate, Irrigation, and Crop Production. *Sensors*. 2019; 19(8):1807. <https://doi.org/10.3390/s19081807>
- [4] Xiaochi M, Karen A, Sanguinet P.W, Jacoby. Direct root-zone irrigation outperforms surface drip irrigation for grape yield and crop water use efficiency while restricting root growth. *Agricultural Water Management*. 2020. doi: 10.1016/J.AGWAT.2019.105993

[5] Jin H, Kim T.W, Kim S.H, Kim H.G, Lee D.H, Eum S.H, Lee S.H. A Study on the Application Design of Soil Moisture Diffusion and Crop Roots According to Subsurface Irrigation Method. 2021. doi: 10.1007/S42853-021-00099-6

[6] Yang X, Fan J, Ge J, Luo Z. Effect of Irrigation with Activated Water on Root Morphology of Hydroponic Rice and Wheat Seedlings. *Agronomy*. 2022; 12:1068. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051068>

[7] Ahmed Z, Gui D, Murtaza G, Yunfei L, Ali S. An Overview of Smart Irrigation Management for Improving Water Productivity under Climate Change in Drylands. *Agronomy*. 2023; 13:2113. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082113>

[8] Incrocci L, Thompson R.B, Fernandez-Fernandez M.D, De Pascale S, Pardossi A, Stanghellini C, Roupael Y, Gallardo M. Irrigation management of European greenhouse vegetable crops. 2020. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106393

[9] Nikolaou G, Neocleous D, Katsoulas N, Kittas C. Irrigation of Greenhouse Crops. *Horticulturae*. 2019; 5:7. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010007>

[10] Sukarma I.N, Ardana I.W.R, Mastawan I.G.P, Yasa I.M.A, Purbhawa I.M. Watering Strawberry (*Fragaria X Anannasa*) Plants in a Greenhouse Using IoT-Based Drip Irrigation. *Journal of Computer Science and Technology Studies*. 2022; 4(1):72-79. DOI: 10.32996/jcsts.2022.4.1.9

[11] Ferrarezi R.S, Peng T.W. Smart System for Automated Irrigation Using Internet of Things Devices. *HortTechnology*. 2021; 31(6):642-649. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04860-21>

[12] Maryam S, Mohamed S, Mourad A, Ahmed D. Review on Partial Root-zone Drying irrigation: Impact on crop yield, soil and water pollution. *Agricultural Water Management*. 2022. doi: 10.1016/j.agwat.2022.107807

[13] Zhong J. Root irrigation device for seedling cultivation. 2020. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.22.011

[14] Chimana E, Gombiro C, Nyambo B, Dzinavatonga K, Mabuyaye C, Mutero T, Nemerai T, Mlambo E, Rupere T, Mhlanga P, Jowa V. IoT Based Automated and Remote Monitored Greenhouse Irrigation System for the Zimbabwe Open University Farm. *Indian Journal of Computer Science*. 2024. doi: 10.17010/ijcs/2024/v9/i1/173695

[15] Liang H, Hu K, Batchelor W.D, Qin W, Li B. Developing a water and nitrogen management model for greenhouse vegetable production in China: Sensitivity analysis and evaluation. *Ecological Modelling*. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.10.016>.

Райхан Аманова, докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, amanovaraikhan8@gmail.com

Бауыржан Белгібаев, доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, bbelgybaev@list.ru

Мадина Мансурова, т.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, mansurova.madina@gmail.com

Мадина Сулейменова, ассистент профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан, madekin940@gmail.com

Самал Абдрешова, PhD, Energo University, Алматы, Қазақстан, SamalNur_777@mail.ru

IoT- АҚЫЛДЫ ЖЫЛЫЖАЙДАҒЫ РОБОТ СУАРҒЫШ

Аңдатпа. Мақалада Қазақстанның қатаң континенттік климаты жағдайында шағын жылыжайларда суару мен микроклиматты дәл және тиімді басқарудың маңыздылығы

талданады. Зерттеуде заманауи суару әдістері, соның ішінде өсімдіктердің қажеттілігі мен климаттық ерекшеліктеріне бейімделетін IoT негізіндегі роботтандырылған суару жүйелері қарастырылады. Автоматтандыру технологиялары су ресурстарын үнемді пайдалануға, өнімділікті арттыруға және жылыжай жүйелерінің тұрақтылығын күшейтуге мүмкіндік береді, бұл оларды экстремалды климаттық жағдайларда тиімді және пайдалы етеді.

Түйінді сөздер. Заттар интернеті (IoT), ақылды суару жүйелері, агро-технологиялар, нейро-компьютерлік әдістер.

Raikhan Amanova, doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, amanovaraikhan8@gmail.com

Baurzhan Belgibayev, docent, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, bbelgybaev@list.ru

Madina Mansurova, candidate of technical sciences, docent, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, mansurova.madina@gmail.com

Madina Suleimenova, assistant professor, International University of Information Technology, Almaty, Kazakhstan, madekin940@gmail.com

Samal Abdreshova, PhD, Energo University, Almaty, Kazakhstan, SamalNur_777@mail.ru

IoT SMART GREENHOUSE WITH A ROBOT WATERER

Abstract. The article focuses on the importance of precise management of irrigation and microclimate in mini-greenhouses in the sharply continental climate of Kazakhstan. Modern irrigation methods are considered, including robotic irrigation systems using IoT, which adapt to the needs of plants and climatic conditions. Automation technologies allow to optimize water consumption, increase yields and improve sustainability of greenhouse systems, making them more efficient and cost-effective for use in extreme climatic conditions.

Keywords. Internet of Things (IoT), smart irrigation systems, agro-technologies, neuro-computer methods.

Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Received 21.06.2024

Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted 26.08.2024