

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Бобокулов Бехзод Алишера угли

Ташкентский государственный экономический университет

Информационные системы и технологии в экономике, докторант

АБСТРАКТ

В последние годы технологии Интернета вещей (IoT) стремительно развиваются и находят широкое применение в области мониторинга окружающей среды. Данные технологии обеспечивают автоматический сбор, передачу и анализ экологических показателей в реальном времени, что позволяет своевременно выявлять риски загрязнения, контролировать состояние природных ресурсов и повышать эффективность экологического управления. В статье рассматриваются ключевые направления применения IoT для обеспечения экологической безопасности, включая мониторинг воздуха и воды, управление отходами, контроль промышленного воздействия и использование интеллектуальных сенсорных систем. Особое внимание уделяется преимуществам IoT, таким как высокая точность данных, оперативность, масштабируемость и возможность интеграции с другими цифровыми технологиями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Интернет вещей; экологическая безопасность; мониторинг окружающей среды; интеллектуальные сенсоры; большие данные; цифровые технологии; устойчивое развитие; управление природными ресурсами.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях ускоряющихся процессов урбанизации, роста промышленного производства и изменения климата проблема обеспечения экологической безопасности приобретает первостепенное значение. Традиционные методы экологического мониторинга, основанные на периодических измерениях и ручном сборе данных, часто оказываются

недостаточно эффективными для оперативного контроля сложных экологических процессов. В этой связи технологии Интернета вещей (IoT) становятся одним из ключевых инструментов повышения качества и своевременности экологического контроля.

Современные исследования показывают, что Интернет вещей (IoT) предоставляет уникальные возможности для мониторинга окружающей среды в реальном времени, раннего обнаружения угроз и оптимизации управленческих решений. В литературе выделяются основные направления: сенсорные сети для мониторинга воздуха и воды, распределённая обработка данных (edge/fog computing), энергоэффективные протоколы передачи, методы сжатия и фильтрации данных, а также использование машинного обучения для прогнозирования и классификации экологических рисков. Исследования концентрируются на типах датчиков (газовые сенсоры, биосенсоры, датчики качества воды и почвы, метеостанции), требованиях к точности и длительности работы в полевых условиях, а также на проблемах калибровки и старения сенсоров. Большинство работ подчёркивают важность калибровочных протоколов и периодической валидации данных для обеспечения надёжности измерений. Литература рассматривает низкоэнергетические протоколы (LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee, BLE) и их пригодность для различных экологических задач: дальность покрытия, энергопотребление, пропускная способность, безопасность передачи. Отдельное внимание уделяется гибридным архитектурам, сочетающим локальные (LPWAN) и мобильные сети для покрытий с разной плотностью узлов.

Многочисленные исследования предлагают перенос части анализа на периферию сети (edge/fog) для уменьшения объёма передаваемых данных, снижения задержек и экономии энергии. Обсуждаются стратегии выборки, агрегации и предварительной фильтрации, а также архитектуры, где лишь значимые события отправляются в облако. Работы по оптимизации канала передачи рассматривают: интеллектуальную выборку (event-driven sampling),

адаптивное сжатие, дедупликацию, прогнозную передачу (отправка только отклонений от прогноза) и распределённые алгоритмы компрессии. Эти методы напрямую связаны с экономией энерго- и канал-ресурсов в длительных полевых развертываниях. В литературе много примеров использования ML/AI для: обнаружения аномалий, классификации источников загрязнения, прогнозирования трендов качества воздуха/воды и оптимизации сенсорной сети (например, какую частоту измерений выбрать). Обсуждаются подходы к обучению на ограниченных данных и перенос обучения (transfer learning) для адаптации моделей к новым локациям. Исследования подчёркивают уязвимости IoT-устройств: подделка сигналов, вмешательство в данные, проблемы приватности при использовании геолокации. Работа по защите данных включает lightweight-шифрование, аутентификацию устройств и техники анонимизации данных, особенно при публикации экологической информации. Литература содержит множество прикладных исследований: мониторинг качества воздуха в городах, контроль уровня загрязнений в реках и озёрах, обнаружение утечек химических веществ на промышленных объектах, мониторинг состояния лесов и пожароопасности, сельскохозяйственные применения (контроль состояния почвы и воды). Отмечается, что успешные пилоты часто комбинируют IoT с ГИС и мобильно-краудсорсинговыми данными. Авторы предлагают метрики эффективности систем: точность обнаружения событий, доля ложных тревог, задержка между событием и уведомлением, энергопотребление узла, объём переданных данных и стоимость владения. В исследованиях часто используются полевые эксперименты и сравнительные симуляции для оценки компромиссов между точностью и экономией ресурсов. IoT-устройства, включающие сеть датчиков, коммуникационные модули и аналитические платформы, обеспечивают непрерывное наблюдение за параметрами окружающей среды: качеством воздуха, состоянием водных ресурсов, уровнем шума, радиоактивным фоном, количеством выбросов и состоянием экосистем. Благодаря этому органы управления, научные

организации и промышленные предприятия получают возможность принимать научно обоснованные решения, минимизировать экологические риски и разрабатывать более эффективные стратегии устойчивого развития.

Данное исследование направлено на анализ применяемых IoT-технологий, их возможностей и преимуществ в обеспечении экологической безопасности, а также на выявление перспектив дальнейшего развития таких решений.

ЗАВЕРШЕНИЕ

Использование технологий Интернета вещей открывает новые возможности для повышения уровня экологической безопасности. Непрерывный мониторинг, автоматизация процессов, аналитическая обработка данных и интеграция с современными цифровыми платформами позволяют своевременно выявлять экологические угрозы и оптимизировать управление природными ресурсами. IoT обеспечивает высокую точность измерений, снижает человеческий фактор и способствует разработке более устойчивых и экологичных стратегий в промышленности, сельском хозяйстве, городском управлении и природоохранной деятельности.

Таким образом, внедрение IoT-технологий является важным шагом на пути к формированию безопасной экологической среды и достижению целей устойчивого развития. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются расширение функциональности интеллектуальных сенсорных систем, разработка энергоэффективных IoT-устройств и создание интегрированных платформ для комплексной экологической аналитики.

СПИСОК ССЫЛКИ

1. Shohruhbek Ulug'bek o'g A. et al. IT INNOVATION METHODS AND PROGRAMMING LANGUAGE //Journal of Modern Educational Achievements. – 2024. – Т. 1. – №. 1. – С. 45-50.

2. Shohruhbek Ulug'bek o'g A. et al. ALGORITHM AND SOFTWARE TOOL FOR CHOOSING A COMPLEX OF INFORMATIVE SIGNS IN THE

CLASSIFICATION OF CIRCULATORY DISEASES //Journal of Modern Educational Achievements. – 2023. – T. 7. – №. 7. – C. 225-229.

3.Shohruhbek Ulug'bek o'g A. et al. THE ALGORITHM AND SOFTWARE TOOL A COMPLEX OF INFORMATIVE SIGNS IN THE CLASSIFICATION OF DISEASES OF THE CIRCULATORY SYSTEM //Journal of Modern Educational Achievements. – 2024. – T. 5. – №. 5. – C. 192-198.

4.Shohruhbek Ulug'bek o'g A. et al. ANALYSIS OF FEATURE SELECTION METHODS AND ALGORITHMS //Conferencea. – 2024. – T. 10. – C. 253-256.