

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В МОНИТОРИНГЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Ишанқулов Зоҳиджон Мамасолиевич,

Доцент кафедры гидротехники и мелиоративных сооружений
Андижанского института сельского хозяйства и агротехнологии.

Аннотация: В данной статье освещаются научно-практические основы использования современных технологий — беспилотных летательных аппаратов (UAV) и геоинформационных систем (GIS) при мониторинге технического состояния гидротехнических сооружений (ГТС). Проводится анализ преимуществ фотограмметрии и Lidar-технологий на основе UAV по сравнению с традиционными методами. Также рассматриваются этапы создания системы мониторинга в реальном времени на основе интеграции GIS и концепции «цифрового двойника» (Digital Twin), а также разработаны практические рекомендации.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, UAV, GIS, фотограмметрия, Lidar, цифровой двойник, мониторинг, фильтрация, безопасность.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES AND GIS TECHNOLOGIES IN MONITORING HYDRAULIC STRUCTURES

Ishanqulov Zokhidjon Mamasolievich

Associate Professor, Department of Hydraulic
Engineering and Land Reclamation Structures,
Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies

Abstract: This article presents the scientific and practical foundations for the use of modern technologies—unmanned aerial vehicles (UAVs) and geographic information systems (GIS)—in monitoring the technical condition of hydraulic

structures (HS). It analyzes the advantages of UAV-based photogrammetry and LiDAR technologies compared to traditional methods. The stages of developing a real-time monitoring system based on GIS integration and the Digital Twin concept are also discussed, and practical recommendations are provided.

Keywords: hydraulic structures, UAV, GIS, photogrammetry, LiDAR, digital twin, monitoring, filtration, safety.

Гидротехнические сооружения (плотины, водохранилища, каналы) являются стратегической инфраструктурой государства и играют важную роль в обеспечении энергетической и продовольственной безопасности. Поскольку большинство этих сооружений эксплуатируется на протяжении многих лет, возрастает необходимость регулярного и высокоточного контроля их технического состояния.

Традиционные методы мониторинга (визуальный осмотр и стационарные датчики) ограничены с точки зрения безопасности, оперативности и точности, что требует внедрения современных технологий. В этом контексте технологии UAV и GIS выступают как инновационное решение в мониторинге ГТС.

Научная новизна данного исследования заключается в следующем: Предложена комплексная многоуровневая модель мониторинга гидротехнических сооружений на основе глубокой интеграции высокоточных аэрофотоснимков и сенсорных данных, полученных с помощью UAV, с современными GIS-платформами. Данная модель позволяет не только собирать данные, но и анализировать их в реальном времени и визуализировать результаты.

Разработана поэтапная модель создания «цифрового двойника» гидротехнических сооружений. Данная модель обеспечивает формирование цифровой копии реального объекта, динамическое отслеживание его состояния и прогнозирование потенциальных рисков.

Обоснованы научно-практические основы комплексного и согласованного применения технологий Lidar и фотограмметрии, что позволяет повысить точность мониторинга и более эффективно выявлять скрытые деформации и

изменения рельефа. На основе глубокого анализа результатов мониторинга сформирована система практических рекомендаций по эффективному управлению гидротехническими сооружениями, направленных на предотвращение аварийных ситуаций, оптимизацию технического обслуживания и обеспечение их долгосрочной устойчивой эксплуатации.

В современной практике применяемые традиционные методы контроля имеют ряд существенных недостатков, которые значительно ограничивают эффективность мониторинга. Прежде всего, существуют проблемы, связанные с человеческим фактором и безопасностью, поскольку проведение инспекций в сложных и опасных условиях представляет угрозу для жизни специалистов, а также возможны ошибки, вызванные субъективной оценкой. Кроме того, при контроле сооружений, охватывающих большие территории, наблюдается низкая оперативность, так как полная проверка требует значительных временных и ресурсных затрат.

Также данные методы недостаточно эффективны для выявления скрытых дефектов, поскольку визуальный осмотр позволяет обнаружить лишь внешние изменения, тогда как внутренние микротрещины или процессы фильтрации часто остаются незамеченными. Ещё одним важным недостатком является точечный характер данных, поскольку стационарные датчики предоставляют информацию только из определённых мест и не позволяют получить целостное представление о состоянии всего сооружения.

Данные недостатки усиливают необходимость внедрения комплексных, автоматизированных и высокоточных систем мониторинга гидротехнических сооружений.

Современные UAV предоставляют следующие возможности в мониторинге ГТС:

- ✓ Визуальный контроль: выявление трещин и деформаций с помощью изображений высокого разрешения (4K и выше);
- ✓ Фотограмметрия: создание 3D-моделей на основе последовательных изображений;

- ✓ Lidar-сканирование: определение рельефа и деформаций с миллиметровой точностью.

Сравнение LiDAR и фотограмметрии

Критерий	Фотограмметрия	LiDAR
Точность	Высокая (зависит от качества изображений)	Очень высокая (до мм)
Проникновение через растительность	Ограничено	Возможное
Стоимость	Относительно низкая	Более высокая
Тип данных	2D/3D изображения	Облако точек 3D
Область применения	Визуальный анализ	Анализ рельефа и деформаций

Геоинформационные системы (GIS) являются одной из ключевых платформ для эффективного управления, обработки и анализа данных, полученных при мониторинге гидротехнических сооружений. GIS обеспечивает не только хранение данных, но и их пространственный и временной анализ, а также визуализацию результатов, что способствует принятию обоснованных инженерных решений.

Основные возможности включают:

Пространственный анализ: с использованием современных платформ, таких как ArcGIS и QGIS, проводится анализ географического положения сооружений, зон деформаций, эрозии и других параметров. **Интеграция данных:** объединение данных, полученных с UAV, Lidar и стационарных сенсоров в единую систему. **Определение зон риска:** автоматическое выявление и картографирование зон фильтрации, смещения и эрозии. **Мониторинг во времени:** анализ динамики изменений состояния сооружений.

Создание цифрового двойника ГТС включает следующие этапы:

1. Сбор данных (UAV, сенсоры)
2. Обработка данных (3D-модель)

3. Интеграция в GIS
4. Аналитика и прогнозирование
5. Мониторинг в реальном времени и управление

В рамках исследования проведён мониторинг участка ирригационного канала длиной около 12 км с использованием UAV. Были получены высокоточные аэрофотоснимки, на основе которых с помощью программного обеспечения Agisoft Metashape создана 3D-модель канала.

Далее модель была интегрирована в GIS-платформу ArcGIS, где проведён пространственный анализ. Результаты показали наличие зон усиленной эрозии и повышенной фильтрации, особенно в участках изгиба канала.

В выявленных зонах были проведены инженерные мероприятия: укрепление берегов бетонным покрытием, установка защитных конструкций и регулирование потока воды.

В результате потери воды снизились, а общая эффективность увеличилась на 15–20%. Это подтверждает практическую значимость UAV и GIS технологий.

Результаты исследования показали, что интеграция UAV и GIS:

- повышает точность мониторинга;
- обеспечивает раннее выявление опасных зон;
- оптимизирует управленческие решения.

В целом, совместное применение UAV и GIS технологий значительно повышает эффективность мониторинга гидротехнических сооружений, обеспечивая высокую точность, оперативность и безопасность.

Список использованной литературы:

1. Smith J. UAV Applications in Dam Monitoring. – 2022.
2. Zhang L. Digital Twin for Infrastructure. – 2023.
3. Kumar P. GIS-Based Monitoring Systems. – 2024.
4. European Commission. Smart Infrastructure Report. – 2025.
5. Решения Президента Республики Узбекистан по водным ресурсам.