

AP22788508 «Разработка методических подходов мониторинга состояния критически важных гидротехнических объектов инфраструктуры Казахстана с применением беспилотных летательных аппаратов и дистанционного зондирования Земли» - н.р. Низаметдинов Н.Ф.

Актуальность

Гидротехнические сооружения являются критически важными объектами инфраструктуры, нарушение целостности которых, имеют потенциал вызвать серьезные катастрофические последствия. Эти аварии способны причинить значительный ущерб населению, промышленным предприятиям, сельскому хозяйству и действующей инфраструктуре, что в свою очередь негативно сказывается на экономике страны. Таким образом, необходимо акцентировать внимание на предотвращении аварий и уменьшении их негативных последствий, учитывая высокую значимость гидротехнических сооружений.

События прорыва дамб на водохранилищах в Карагандинской области в 2014-2015 годах привели к затоплению жилых домов и территорий, гибели людей, нанесению вреда здоровью местных жителей, окружающей среде и сельскохозяйственным объектам. За период с 2009 по 2023 год произошло более 13 значительных случаев разрушения дамб и плотин по всему миру, что сопровождалось значительным количеством жертв.

Следовательно, масштабность и актуальность данной проблемы простираются за пределы регионального уровня и оказывают влияние на глобальный контекст.

В настоящее время особое внимание уделяется состоянию гидротехнических объектов и водным ресурсам в Республике Казахстан, в связи, с чем в Национальных проектах «Технологический рывок за счет цифровизации, науки и инноваций» и «Зеленый Казахстан» отмечена приоритетность цифровизации гидротехнических объектов для эффективного управления и координирования их деятельности.

Мониторинг, осуществляемый с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), представляет собой экономически выгодное решение, лишенное негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, при этом обеспечивая сбор обширной информации об исследуемом объекте с высокой степенью детализации в кратчайшие сроки.

Использование метода радарной интерферометрии позволит получить площадное, дифференцированное по времени проведения съёмок, представление о распределении значений вертикальных смещений в любой точке исследуемой площади и на любой момент времени, предшествующий фактической дате съёмки. Космическая радарная съёмка выполняется в ультракоротковолновой (сверхвысокочастотной) области радиоволн, подразделяемой на X-, C-, S-, L- и P-диапазоны. Для задач мониторинга смещений земной поверхности, критически важных объектов по каждой конкретной территории будут подбираться данные в одном или нескольких из этих диапазонов исходя из типа рельефа, типа растительного покрытия, ожидаемых величин смещений и т.д.

Космический аппарат Gaofen-3 (Гаофэнь-3) низкоорбитальный спутник Китая, получающий в C-диапазоне в разрешении до 1 м. GF-3 способен осуществлять двенадцатирежимную радарную съёмку всей земной поверхности 24 часа в сутки, вне зависимости от погодных условий.

Использование ортофотопланов с высоким разрешением и облако точек с высокой детализацией позволяет решать инженерно-геологические и маркшейдерско-геодезические задачи в комплексе. Ортофотопланы с высоким разрешением обеспечивают точное и оперативное выявление деформационных зон в насыпных дамбах, а также анализ характера и механизмов их деформирования. Применение дронов оборудованных тепловизионным сенсором высокого разрешения позволяет определять места протечки воды и трещины.

Ожидаемые и достигнутые результаты:

Достигнутые результаты

Предлагается разработать методические подходы для систематического мониторинга текущего состояния гидротехнических сооружений на примере исследования

Шерубай-Нурина водохранилища. В процессе мониторинга будут использованы передовые средства сбора высокоточных геопространственных данных, таких как беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

С применением инновационных методов анализа данных и передовых вычислительных методов, включая методы машинного обучения и искусственного интеллекта, будет проведено прогнозирование возможных геомеханических процессов, которые могут оказать воздействие на состояние гидротехнических сооружений. На основе результатов мониторинга и анализа данных будут разработаны рекомендации, направленные на повышение уровня безопасности, надежности и бесперебойной эксплуатации критически важных объектов инфраструктуры. Разработанные методические подходы позволят снизить вероятность возникновения катастрофических последствий, которые могут причинить ущерб предприятиям, населению, окружающей среде и объектам сельского хозяйства.

Научная новизна Проекта состоит в разработке уникальной системы цифрового мониторинга поверхности гидротехнических объектов, дамб и насыпных сооружений. С развитием инфокоммуникационных технологий, включая такие мощнейшие инструменты, как интеллектуальный анализ данных (Data Mining), методы хранения и обработки больших данных (Big Data), глубинное обучение (Deep learning), блокчейн (Blockchain), интернет вещей (IoT), аналитика оконечных устройств (Edge Analytics), электронная идентификация личности (e-ID), Web-масштабируемые ИТ-среды (Web-Scale IT), гибридные облака (Hybrid cloud), геоинформационные системы, геопространственный анализ данных, а также с появлением БПЛА и возможности получения спутниковых данных открылись новые возможности мониторинга критически важных объектов инфраструктуры в Республике Казахстан.

Исследовательская группа проводит работы по мониторингу состояния Топарской земляной плотины с применением современных геодезических и дистанционных методов.

Командой выполняются как классические измерения — нивелирование II класса и тахеометрия, так и высокоточные измерения с использованием инновационных технологий: беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), спутниковых данных и GNSS-приемников в статическом режиме. Проводится аэрофотосъемка исследуемого объекта с пространственным разрешением 2,5 см/пиксель, осуществляется сбор и обработка спутниковых снимков.

На основе полученных данных создаются разновременные цифровые модели местности, облака точек, тайловые 3D-модели, карты высот и ортофотопланы. Это позволяет детально отслеживать изменения, происходящие на исследуемой территории, и выявлять потенциальные деформационные процессы.

В рамках проекта команда проводит валидацию построенных моделей — сопоставляет координаты характерных точек, дешифрованных на цифровых моделях, с результатами, полученными традиционными геодезическими методами. Такой подход позволяет объективно оценить точность и эффективность применяемых технологий, а также выработать рекомендации для повышения надёжности мониторинга и безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений.



Рисунок 1 – Ортофотоплан, полученный в результате аэрофотосъёмки с помощью БПЛА Wingtra One

Проект направлен на разработку современной методики оценки состояния гидротехнических сооружений с использованием технологий дистанционного зондирования и геодезического контроля. Мониторинг проводился с применением двух типов беспилотных летательных аппаратов:

Wingtra One — использован для аэрофотосъёмки высокого разрешения, построения цифровой модели рельефа и создания ортофотоплана;

DJI Mavic 3 Thermal — применялся для проведения термальной съёмки, позволяющей зафиксировать температурные аномалии на поверхности плотины.



Рисунок 2— 3D-модель, построенная по данным съёмки с Wingtra One, даёт представление о геометрии и структуре сооружения

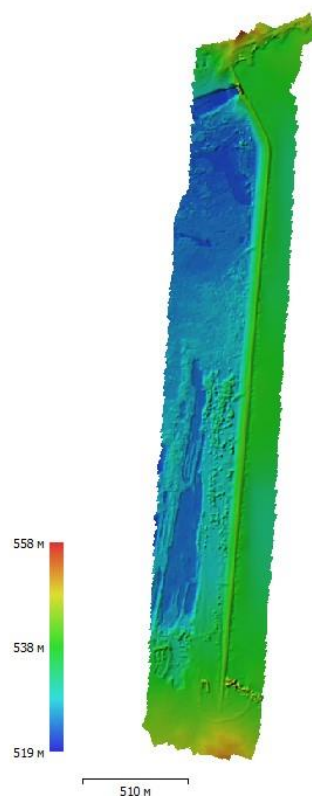


Рисунок 3 – Анализ цифровой модели позволяет выявить зоны осадки, деформаций и перераспределения массы.

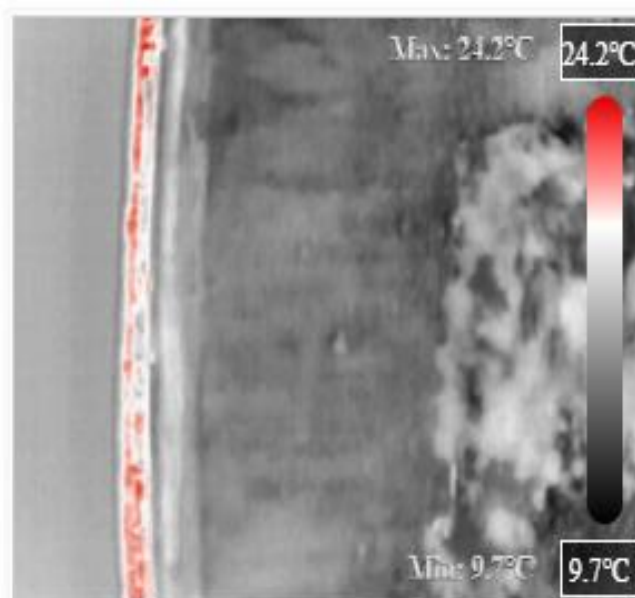


Рисунок 4– Тепловизионная съёмка выявила участки с признаками переувлажнения и возможной фильтрации воды.

Дополнительно было выполнено **нивелирование гребня плотины**, которая позволила подтвердить данные, полученные с помощью БПЛА.



Рисунок 5— Нивелирование — важный этап валидации цифровых моделей и контроля вертикальных смещений.



Рисунок 6— Вертикально взлетающий БПЛА для детализированной аэрофотосъемки.



Рисунок 7 – Mavic 3 Thermal оснащён тепловизором и подходит для оперативной диагностики технического состояния объектов

По словам участников проекта, объединение визуальной, тепловой и геодезической информации позволяет не только отслеживать текущее состояние объекта, но и выстраивать систему раннего предупреждения о возможных деформациях. Разрабатываемые методические подходы планируются адаптировать для применения на других плотинах и гидротехнических сооружениях Казахстана.

Список публикаций членов рабочей группы в высокорейтинговых журналах за 2024-2025 годы:

В рамках выполнения проекта подана заявка на получение патента РК (Низаметдинов Наиль Фаритович, Ожигин Дмитрий Сергеевич, Гроссул Павел Павлович, Казанцева Виктория Владимировна, Косарев Николай Сергеевич, Ярцева Вера Фаридовна, Байғали Руслан Қанатұлы, Сатбергенова Асель Куандыковна, Кубайдуллина Улпан Айткужиевна №2024/0806.1 от 02.10.2024г).

В рамках выполнения проекта в журнал Journal of Mining Institute (88 процентиля, Q1) была подана статья «Разработка комплексной системы геотехнического мониторинга техногенных объектов на основе геопространственных данных» (Казанцева Виктория Владимировна Ожигин Дмитрий Сергеевич, Косарев Николай Сергеевич, Сатбергенова Асель Куандыковна, Ожигина Светлана Борисовна).

Исследовательская группа

- Низаметдинов Наиль Фаритович** – к.т.н., и.о. доцента каф. МДиГ
ORCID - 0000-0002-8881-1259
Scopus ID 57191986266
- Ожигин Дмитрий Сергеевич** – PhD, и.о. доцента каф. МДиГ
ORCID - 0000-0002-2443-3068
Scopus ID 55827717400
- Косарев Николай Сергеевич**, к.т.н, доцент ВАК, научный сотрудник Научно-исследовательского института геодезии, топографии и картографии. Чешская Республика
ORCID - 0000-0003-1806-3651
Scopus ID 57226373393
- Сатбергенова Асель Куандыковна** – м.т.н., ст. преподаватель, докторант по специальности «Геодезия» кафедры МДиГ
ORCID - 0000-0001-5806-2827
Scopus ID 5720941133
- Ярцева Вера Фаридовна** – м.т.н., ст. преподаватель, докторант по специальности «Горное дело»

ORCID - 0000-0003-3015-0280

6. **Казанцева Виктория Владимировна** – м.т.н., преподаватель соискатель кандидатской степени по специальности «Геодезия»

ORCID - 0000-0002-5915-1677

7. **Кубайдуллина Улпан Айткужиевна** – м.т.н., преподаватель, докторант по специальности «Маркшейдерское дело»

ORCID - 0000-0002-2445-5590

8. **Байғали Руслан Қанатұлы** – м.т.н., преподаватель, докторант по специальности «Маркшейдерское дело»

ORCID - 0000-0003-4431-2172

Информация для потенциальных пользователей

На основе проведённых исследований в последующие годы реализации проекта будет разработана математическая модель прогнозирования вероятных проявлений геомеханических процессов на основе разновременных цифровых моделей исследуемого объекта с привлечением методов машинного обучения и искусственного интеллекта, позволит совмещать две и более серии измерений выполненных БПЛА и методом ДЗЗ, для определения опасных участков, характеризующихся высокой вероятностью проявления деформационных процессов.

Область применения

Гидротехнические сооружения

Дата обновления информации: 01.07.2025 г.