

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математической кибернетики и компьютерных наук

**РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЛАНДШАФТНОЙ МЕСТНОСТИ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ
АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 2 курса 273 группы
направления 02.04.03 - Математическое обеспечение и администрирование
информационных систем
факультета КНиИТ
Дюнина Ивана Александровича

Научный руководитель,

к. т. н., доцент

М.В. Хамутова

Заведующий кафедрой,

к.ф.-м. н., доцент

С.В. Миронов

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии компьютерной графики и виртуальной реальности предоставляют уникальные возможности для создания реалистичных визуализаций трехмерных ландшафтов. Развитие этого направления науки и техники приводит к появлению новых методов реконструкции ландшафта по входным данным, что стимулирует активное исследование в данной области.

Данные технологии имеют широкое применение в модуляции местности для построения маршрутов газо- и водопроводов, определение области затопления из-за природных катаклизмов и выбора пригодной территории для строительства различных зданий и сооружений. С их помощью сокращаются временные и финансовые затраты на выезд и изучение ландшафта специальными группами, а также уменьшаются риски и неточности.

В современном мире виртуальные ландшафты становятся важным инструментом в различных областях, таких как образование, наука, симуляции, архитектурное проектирование и развлечения. Реалистичная визуализация окружающей среды имеет потенциал не только для создания захватывающих виртуальных миров, но и для эффективного решения практических задач.

Проекты по моделированию ландшафта на основе входных данных трехмерных массивов могут быть применены для обучения водителей, архитекторов, геологов, а также в сферах геоинформационных систем и исследований изменений природной среды. Это обеспечивает широкий спектр применения результатов исследований и придает актуальность данному направлению. Для реконструкции местности требуются исходные данные, которые с помощью математических и физических формул моделируют виртуальный образ изучаемого ландшафта.

Актуальность темы. Разработка методов реконструкции ландшафта становится все более актуальной в контексте современных вычислительных возможностей и повышенного интереса к визуализации трехмерных сцен. Визуализация ландшафта на основе входных данных трехмерного массива является ключевым элементом при создании виртуальных миров, архитектурных моделей, географических приложений и видеоигр.

Использование входных данных в виде трехмерных массивов предоставляет уникальную возможность воссоздать детализированные и реалистичные ландшафты, сохраняя при этом геометрическую точность и структуру. Алгоритмы интерполяции, в частности, предоставляют мощный инструмент для сглаживания и создания плавных переходов между точками данных, что улучшает качество визуализации.

Применение графических библиотек, таких как OpenGL [1], позволяет эффективно взаимодействовать с графическим аппаратом компьютера, обеспечивая быстрый и качественный рендеринг визуальных сцен. Интеграция алгоритмов интерполяции с такими библиотеками открывает новые перспективы для создания виртуальных ландшафтов, которые не только визуально привлекательны, но и отвечают требованиям точности и реализма.

Таким образом, разработка реконструкции ландшафта по входным данным с использованием трехмерных массивов и алгоритмов интерполяции в контексте графических библиотек представляет собой актуальное и перспективное направление, способствующее развитию современных методов визуализации и компьютерной графики.

В отличие от многих других приложений, способствующих созданию визуализации местности, таких как ArcGis и GIS WebServ, данная работа будет специализироваться на определении территории затопления при природных катаклизмах и изменении времени года. С помощью детальной визуализации данных и генерации трехмерного изображения удастся воссоздать более точное изображение.

Также стоит учесть, что на данный момент существует малое количество удобных, бесплатных веб сервисов для обработки данных и получения точных измерений, именно поэтому в ходе этой работы будут применяться технологии для разработки подобной площадки.

Цель магистерской работы: реконструкция и визуализация ландшафта по входным трехмерным данным в Web-приложении.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить **следующие задачи:**

1. Изучить виды интерполяции, подходящие для достижения цели;
2. Рассмотреть и применить триангуляцию Делоне для реконструкции ландшафта;
3. Изучить возможные библиотеки для визуализации ландшафта;
4. Создать трехслойную архитектуру проекта для комплексной монолитной работы;
5. Реализовать многофункциональный трехмерный вариант визуализации ландшафта в WebGL.

Практическая значимость работы. Разработанное в ходе выполнения магистерской работы web-приложение предназначено для трёхмерной визуализации ландшафтной местности и определения зон потенциального затопления при различных уровнях воды. Практическая значимость заключается в создании доступного и наглядного инструмента, применимого в различных сферах деятельности.

Результаты работы могут быть использованы в системах гражданской обороны и МЧС для оперативной оценки последствий паводков и стихийных бедствий; при проектировании инфраструктуры и объектов капитального строительства в прибрежных и потенциально затопливаемых территориях; в экологических и гидрологических исследованиях, где требуется моделирование воздействия уровня воды на природный рельеф; в образовательной сфере для демонстрации алгоритмов интерполяции, визуализации и работы с пространственными данными в курсах, связанных с ГИС, графикой и программной инженерией.

Благодаря web-архитектуре, приложение может быть запущено в браузере без установки дополнительного программного обеспечения, что расширяет возможности его применения в мобильных и выездных условиях. Использование PostGIS и REST-технологий делает систему гибкой, масштабируемой и пригодной для интеграции с реальными геоданными. Это обеспечивает высокую прикладную ценность работы как в научно-исследовательской, так и в практической инженерной деятельности.

Структура и объем работы. Магистерская работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников и 3 приложений. Общий объем работы – 71 страниц, из них 51 страниц – основное содержание, включая 10 рисунка, список использованных источников информации – 21 наименования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе «Актуальность разработки» рассмотрена актуальность задачи визуализации ландшафтной местности и моделирования зон затопления. Показана значимость автоматизированной реконструкции рельефа на основе входных данных для прогнозирования последствий природных катастроф, строительного планирования и научных симуляций. Проведён обзор технологий визуализации и математических методов моделирования, включая билинейную интерполяцию, как эффективного метода сглаживания данных.

Во втором разделе «Модели и методы» раскрываются алгоритмы и математические модели, лежащие в основе построения трёхмерного рельефа. Подробно описаны виды интерполяции и аргументирован выбор именно билинейной, используемой для предварительной обработки и сглаживания данных перед триангуляцией. Рассмотрены альтернативные методы (сплайны, перлин-шум, fBm), приведено их сравнение, изучение сильных и слабых сторон использования в проекте.

Описан принцип работы с данными и последовательность этапов: сбор, нормализация, обработка, интерполяция, визуализация. Также рассмотрена реализация триангуляции Делоне как способа построения сетки рельефа. Изучение алгоритмов моделирования и принципов визуализации лучше раскрывают предметную область и возможность приступить к проектированию работы.

Третий раздел «Инструменты реализации» посвящён выбору и применению современных технологий для построения web-приложения, обеспечивающего визуализацию трёхмерной местности и определение зон возможного затопления.

На стороне визуализации подробно рассмотрены технологии WebGL и библиотека Three.js, предоставляющие доступ к аппаратным возможностям видеокарты прямо из браузера. Эти инструменты позволяют реализовать высокопроизводительный рендеринг сложных сцен в реальном времени, поддерживают работу с геометрическими объектами, освещением, текстурами и шейдерами. В работе использована высокоуровневая архитектура, основанная на Scene-Graph-подходе, что позволило структурировать все элементы визуализации: ландшафт, воду, освещение, сетку, пользовательскую камеру. Для обеспечения плавности отрисовки и взаимодействия с пользователем внедрены элементы управления сценой: поворот, масштабирование, перемещение, а также выбор цветового режима (однотонный, градиентный и режим высот).

Особое внимание уделено визуальному интерфейсу, через который пользователь может задать уровень воды и мгновенно отследить изменения в модели — от появления первых затопленных зон до полного перекрытия рельефа. Отображение воды реализовано как полупрозрачная анимированная текстура с динамическим управлением высотой. Используется специальная геометрия плоскости с настраиваемыми свойствами отражения и прозрачности, а также логикой перекрытия треугольных элементов ландшафта.

На стороне серверной части проекта используется язык Java и фреймворк Spring Boot, предоставляющий удобную инфраструктуру для создания REST-сервисов, обработки запросов и взаимодействия с базой данных. Для хранения и обработки пространственных данных применяется расширение PostGIS, встроенное в PostgreSQL, обеспечивающее поддержку геометрических типов, индексов и операций. Построена архитектура, реализующая полный цикл от загрузки данных и выполнения билинейной интерполяции до построения триангуляции Делоне и генерации результата в формате GeoJSON/JSON.

Связь между backend и frontend реализована через REST API, описанное с помощью спецификации OpenAPI. Это позволило автоматически генерировать клиентские модели, повысить читаемость документации и обеспечить масштабируемость проекта. Использование формата JSON для передачи координат и индексов треугольников позволило реализовать модульную архитектуру с возможностью лёгкой замены алгоритмов интерполяции или визуализации без изменения структуры данных.

В разделе также рассмотрена файловая структура проекта, разделение на контроллеры, сервисы, репозитории и сущности, использование библиотеки Lombok для сокращения шаблонного кода, механизм миграции базы данных через Liquibase, логирование через SLF4J и реализация слоёв взаимодействия с базой. Кроме того, описаны поддерживаемые форматы и методы API, обеспечивающие гибкость подключения дополнительных источников данных.

Таким образом, третий раздел демонстрирует полноту реализации как визуальной, так и вычислительной логики проекта. Используемые технологии обеспечивают высокую интерактивность, производительность и расширяемость системы, делая её подходящей для применения в широком спектре инженерных и научных задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской работы была разработана программная система, реализующая web-приложение для трёхмерной визуализации ландшафтной местности и определения зон возможного затопления на основе входных данных. Проведён обзор существующих технологий моделирования ландшафта и трёхмерной графики, выявлены их преимущества и ограничения. Были проанализированы различные методы интерполяции, в результате чего для обработки рельефных данных была выбрана билинейная интерполяция, обеспечивающая баланс между точностью и вычислительной эффективностью.

Основное внимание было уделено построению архитектуры приложения, охватывающей как backend на языке Java с использованием Spring Boot и PostGIS, так и frontend с применением WebGL и библиотеки Three.js. Реализовано взаимодействие через REST API и OpenAPI-спецификацию, что позволило унифицировать передачу пространственных данных в формате JSON. В результате было достигнуто устойчивое и масштабируемое решение с удобным пользовательским интерфейсом.

Особое внимание уделено вопросам визуализации: реализована настройка цветовых режимов (сплошной, градиентный, по высоте), отображение уровней воды, рельефной сетки, управление камерой и освещением сцены. Пользователь может взаимодействовать с ландшафтом в реальном времени, наблюдать последствия повышения уровня воды и анализировать потенциальные риски затопления. Благодаря использованию билинейной интерполяции и триангуляции Делоне обеспечена корректная и плавная визуализация рельефа, подходящая как для теоретических исследований, так и для прикладных задач.

В процессе работы были реализованы все ключевые компоненты: алгоритмы предобработки данных, механизмы триангуляции, визуализация, а также интерфейс взаимодействия с пользователем. Структура проекта включает логически разграниченные модули для загрузки, обработки и визуализации данных, что обеспечивает возможность дальнейшего расширения функциональности — в том числе интеграции с геоинформационными источниками и динамическими моделями наводнений.

Разработанное приложение может быть использовано в научных и инженерных целях, при моделировании природных процессов, для визуального анализа местности, в образовательной и профессиональной деятельности. Результаты работы были представлены на студенческой конференции факультета КНиИТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шумилов А.Д. Технологии моделирования ландшафта. — М.: Наука, 2021.
2. Гайдуков С.Ю. Геоинформационные системы и анализ пространственных данных. — СПб.: Питер, 2020.
3. Хилл Д. Компьютерная графика с использованием OpenGL. — М.: Вильямс, 2019.
4. Кляйн Ф. Алгоритмы визуализации и генерации рельефа. — М.: Бином, 2022.
5. Документация WebGL и Three.js (<https://threejs.org>)
6. Документация Spring Boot и OpenAPI (<https://spring.io>, <https://swagger.io>)