

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра информатики и программирования

**РАЗРАБОТКА 3D РЕДАКТОРА ДЛЯ ПОЛИГОНАЛЬНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ
СРЕДСТВАМИ OPENGL**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 441 группы

направления 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование
информационных систем

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Ланина Ивана Александровича

Научный руководитель:

доцент

_____ Е.В. Кудрина

подпись, дата

Зав. кафедрой:

к.ф.-м.н., доцент

_____ М.В. Огнева

подпись, дата

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В современном мире моделирование 3D объектов нашло себе применение в различных сферах деятельности человека. Раньше, лучшим способом представления информации о новом проекте или каком-либо объекте были чертежи либо иллюстрации. Теперь с появлением 3D моделирования появилась возможность создавать модели объектов. Данная технология широко применяется в различных сферах. Например, в маркетинге, дизайне построек, геймдеве, киноиндустрии, промышленной сфере, для 3D печати.

Важное место в сфере 3D занимает моделирование архитектурных сооружений и зданий. Модель здания может понадобиться для полного представления о внешнем виде будущего проекта, и в случае расхождений между проектом и ожиданиями заказчика, есть возможность быстрой коррекции здания в виртуальном режиме. Также 3D модель может использоваться для презентации новых проектов или в сфере геймдева.

На сегодняшний день существуют множество зарубежных редакторов с платной лицензией, которые используются для моделирования архитектурных сооружений, например FloorPlan 3D, Total 3 Home Design Deluxe и другие. Программы помогают достичь высокой детализации, а эффективность отображения и моделирования зависит от их реализации и использованных математических алгоритмов. По причине важности импортозамещения в России формируется следующая цель.

Цель бакалаврской работы – разработать 3D-редактор для полигонального моделирования архитектурных сооружений и зданий средствами OpenGL.

Поставленная цель определила **следующие задачи:**

1. представить классификацию методов 3D-моделирования;
2. рассмотреть алгоритмы полигонального моделирования;
3. изучить инструментальные средства и технологии, используемые для реализации полигонального 3D моделирования;

4. предложить структуру 3D редактор и рассмотреть ее реализацию с использованием OpenGL;
5. продемонстрировать возможности 3D редактора на примере моделирования архитектурных сооружений и зданий.

Методологические основы полигонального моделирования архитектурных сооружений и зданий представлены в работах Меженина А. В. [1], Русских Н.Ю., Шибанова С.А. и Латышенко Л.И.[2], Кульнева А.В., Максимова И.Ю. и Харина В.Н. [3], Волгова М.В. [4], Скворцова А.В. и Мирза Н.С. [5].

Теоретическая значимость бакалаврской работы. Теоретическая значимость данной бакалаврской работы состоит в изучении инструментов, используемых в моделировании архитектурных сооружений и зданий, а также в изучении и анализе алгоритмов, применяемых в полигональном моделировании.

Практическая значимость бакалаврской работы. Практическая значимость данной бакалаврской работы состоит в том, что реализованный в ходе работы 3D редактор может применяться в различных сферах, требующих полигональное моделирование архитектурных сооружений и зданий.

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, двух разделов, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Общий объем работы – 49 страниц, из них 41 страница – основное содержание, включая 22 рисунка и 1 таблицу, цифровой носитель в качестве приложения, список использованных источников информации – 20 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Теоретическая часть» посвящен классификации методов 3D моделирования, рассмотрению алгоритмов, применяемых в

полигональном моделировании объектов, и инструментальных средств, необходимых для реализации цели и задач работы.

1.1 Классификация методов 3D-моделирования

В данном подразде проведено рассмотрение и изучение основных методов 3D моделирования: полигональные, сплайновый, твердотельный и скульптинг. Были описаны основные области применения данных способов 3D моделирования. Для решения цели и задач, было решено использовать полигональный метод моделирования, так как он имеет следующие особенности:

1. построение произвольных геометрических форм;
2. установка точных координат объектов;
3. проведение простейших трансформаций, таких как сдвиг, скалирование, поворот;
4. конвертация в конечный формат с возможностью наложения текстур.

1.2 Алгоритмы полигонального моделирования

Так как при визуализации полигонов требуется проверка нахождения всех ребер в одной плоскости, самым эффективным способом хранения модели является сетка из полигонов, ограниченных тремя ребрами. При увеличении количества вершин в полигоне увеличивается сложность проверки их расположения в одной плоскости. По этой причине многие 3D форматы представляют объекты в виде множества треугольных или четырехугольных полигонов. Триангуляция - процесс декомпозиции полигона на треугольные полигоны. В данном подразделе проведено изучение основных алгоритмов триангуляции полигона: веерная, ушная, монотонная и "разделяй и властвуй". Также было рассмотрено теоретическое время работы данных алгоритмов. Были выбраны структуры данные, необходимые для реализации данных алгоритмов.

1.3 Инструментальные средства и технологии, используемые для полигонального 3D моделирования

В данном подразделе были рассмотрены инструментальные средства, применяющиеся в полигональном 3D моделировании.

Рассмотрены графические API, применяемые в различных сферах. Среди графических интерфейсов был выбран OpenGL, имеющий следующие преимущества:

1. По OpenGL больше справочной литературы.
2. Кроссплатформенность.

Для достижения поставленной в работе цели были рассмотрены и выбраны следующие библиотеки: Glad, Glm, Glfw, MyGUI. В качестве языка программирования был выбран C++, следующим причинам:

1. Высокая производительность.
2. Поддержка ООП.
3. Наличие структур, таких как `std::vector`, `std::stack`.

Второй раздел «Практическая часть» посвящен реализации 3D редактора для моделирования архитектурных сооружений и зданий.

2.1 Постановка задачи

В данном подразделе были описаны основные функциональные возможности 3D редактора. Были выбраны основные инструменты, позволяющие формировать полигональные модели. Также в функционал программы добавлены возможности импорта и экспорта моделей в формате obj.

2.2 Структура 3D редактора и его реализация

В данном подразделе был реализован 3D редактор для полигонального моделирования архитектурных сооружений и зданий. Структура редактора включает в себя следующие классы:

`ShaderProgram.cpp` – класс, отвечающий за работу с шейдерами. Данный класс считывает из текстовых документов шейдеры и связывает их с

шейдерной программой. После данной привязки появляется возможность использовать различные вершинные и фрагментные шейдеры в различных ситуациях.

1. `LightSource.cpp` – класс, отвечающий за источник света. Устанавливая позицию и цвет источника, можно изменять внешний вид отображаемых объектов.
2. `Camera.cpp` – данный класс отвечает за перемещение по сцене.
3. `Mesh.cpp` – класс, содержащий набор вершин и индексов, указывающих на вершины. Также класс хранит векторы типа `Face`, элементы которого являются указателями на вершины, принадлежащие одному полигону. Также осуществлен метод отображения всех полигоном, ребер или ребер с полигонами. В классе имеется значение позиции меша, размера и угла поворота, которые влияют на отображение точек объекта через матрицы преобразования. Класс также реализует все базовые операции с полигонами, ребрами и вершинами.
4. `Cube.cpp` – класс, наследующий `Mesh`. Данный класс генерирует стандартный меш формы куба.
5. `Model.cpp` – класс, который может включать в себя несколько мешей. Имеет также, как и меш позицию, значение поворота и размера. В классе присутствуют схожие функции с манипуляциями над вершинами, полигонами, которые реализованы вызовом этих-же методов у одного из мешей, принадлежащих модели.
6. `ModelManager.cpp` – данный класс хранит в себе модели. Анализируя события в классе `EventManager.cpp`, менеджер моделей позволяет манипулировать моделями.
7. `EventManager.cpp` – класс, хранящий режимы операций, такие как создание, выделение, трансформация, масштабирование, поворот. Также он хранит тип объектов, с которыми проводятся операции, от вершин до моделей.

8. `Triangulation.cpp` – класс содержит статические методы триангуляции, которые получают на вход вектор двумерных координат, а возвращает индексы тройками, по которым формируются треугольники. Таким образом, для триангуляции плоскости в пространстве, у вершин отбрасывается 3-я координата таким образом, чтобы полученный из двумерных координат треугольник не оказался вырожденным.
9. `List.cpp` – хранит кольцевой двусвязный список.
10. `AlgGeometric` – класс, решающий такие геометрические задачи, как поиск пересечения прямой и плоскости, проверка принадлежности вершины полигону, и другие задачи.

В целях возможности декомпозиции полигонов на треугольные полигоны были реализованы три алгоритма триангуляции полигонов:

1. ушная триангуляция;
2. монотонная триангуляция;
3. триангуляция “Разделяй и властвуй”.

При разработке 3D редактора при помощи функции `clock()` было проведено измерение времени работы алгоритмов на полигонах с разным количеством вершин. По экспериментальным данным меньшее по времени время работы занимает монотонная триангуляция. По этой причине в редакторе использоваться именно данный алгоритм.

2.3. Демонстрация работы 3D редактора при моделировании архитектурных сооружений и зданий

В подразделе была продемонстрирована функциональность 3D редактора, в которую входят следующие возможности:

1. добавление (для моделей, мешей, полигонов, ребер, вершин) – создание элемента определенного типа, с указанием начальных координат;
2. удаление (для моделей, мешей, полигонов, ребер, вершин) – удаление определенного элемента;
3. смещение (для моделей, мешей, полигонов, ребер, вершин) – изменение позиции определенного элемента;

4. поворот (для моделей, мешей, полигонов) – установка угла поворота элемента относительно начала его локальной системы координат;
5. объединение (для моделей, мешей) – возможность группировать элементы в группы;
6. разбиение – увеличение плотности полигональной сетки объекта;
7. триангуляция – декомпозиция многоугольника на треугольные полигоны;
8. инверсия (для полигонов) – изменение лицевой стороны полигона;
9. вытягивание – копирование выбранного полигона и соединение с ним другими полигонами;
10. скос – образование одного или нескольких полигонов на месте ребра, скругляющие его;
11. соединение – построение полигонов и ребер между выделенными вершинами и ребрами;
12. копирование выбранного элемента;
13. установка цвета выбранного меша;
14. экспорт модели в obj формат;

Было продемонстрировано создание полигональных объектов, которые можно реализовать, используя функционал 3D редактора.



Рисунок 1 – Модель одноэтажного здания

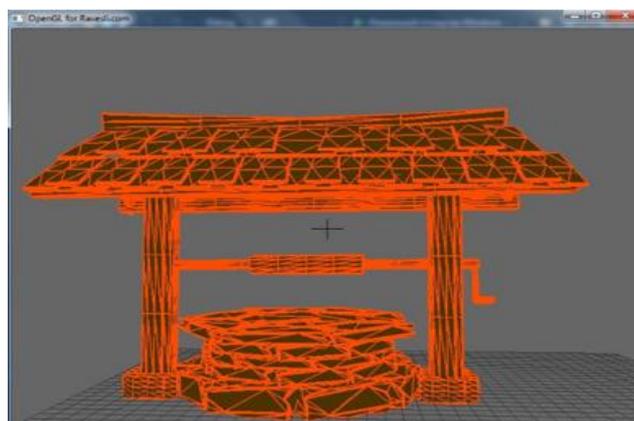


Рисунок 2 – Модель колодца

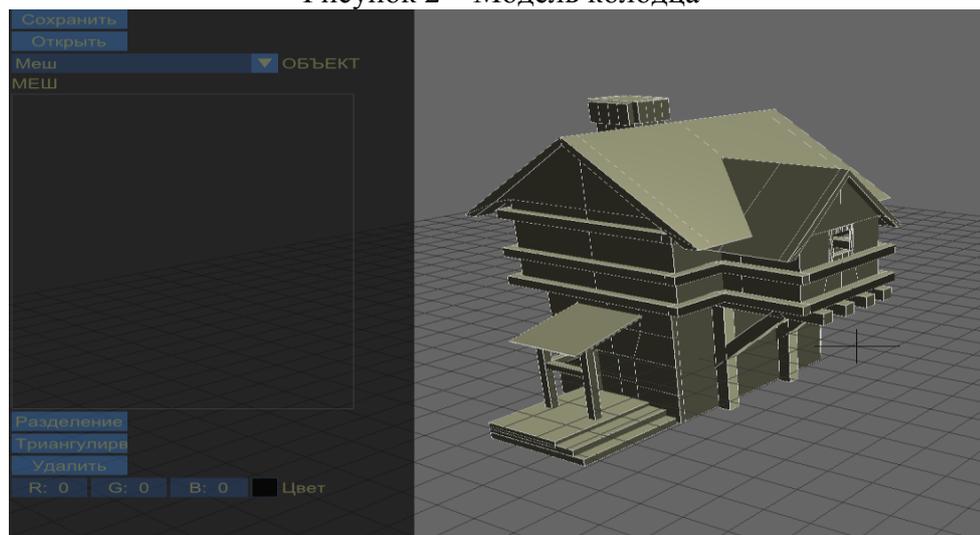


Рисунок 21 – Модель дома (средневековый стиль)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра были решены все поставленные задачи, благодаря чему был разработан собственный редактор для 3D моделирования архитектурных сооружений и зданий, основанный на полигональном принципе моделирования средствами OpenGL.

В процессе реализации редактора был проведен сравнительный анализ времени выполнения алгоритмов ушной триангуляции, монотонной триангуляции и триангуляции методом «разделяй и властвуй» на полигонах с разным количеством вершин. В качестве наиболее эффективного был выбран метод монотонной триангуляции.

Разработанный 3D редактор имеет перспективы в расширении набора программных инструментов для создания и редактирования архитектурных зданий и сооружений.

Основные источники информации:

1. Меженин А.В., Технологии разработки 3D моделей. – Санкт-Петербург: Издательство университета ИТМО, 2018
2. Русских Н.Ю., Шибанов С.А., Латышенко Л.И. Полигоны, полигональное моделирование// Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая". Конференция проходит при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Ответственный редактор Костюк Светлана Георгиевна. 2017.
3. Кульнев А.В., Максимов И.Ю., Харин В.Н Триангуляция корректных односвязных полигонов методом последовательного отсечения вершины// Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса. межвузовский сборник научных трудов. под редакцией В. С. Петровского; Министерство образования Российской Федерации, Воронежская государственная лесотехническая академия. Воронеж, 2002. С. 197-200.
4. Волков М.В. Основы полигонального моделирования в 3DStudio Max.
5. Скворцов А.В., Мирза Н.С. Алгоритмы построения и анализа триангуляции. – Томск: Издательство Том. ун-та, 2006. – 168 с