



Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии

Визуализация ландшафтной сцены с облаками

(И.О. Фамилия)

2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1 Аналитическая часть | 5 |
| 1.1 Формализация задачи и объектов | 5 |
| 1.2 Алгоритмы генерации облаков | 6 |
| 1.2.1 Жидкостная симуляция | 6 |
| 1.2.2 Повоксельная генерация | 7 |
| 1.2.3 Генерация на основе обратной трассировки лучей | 7 |
| 1.3 Алгоритм генерации ландшафта | 8 |
| 1.3.1 Использование шумов | 8 |
| 1.3.2 Аппроксимация примитивами | 8 |
| 1.4 Модели освещения | 8 |
| 1.4.1 Закон Бугера — Ламберта — Бера | 8 |
| 1.4.2 Закон Ламберта | 9 |
| 1.5 Алгоритм построения теней облаков | 9 |
| 2 Конструкторская часть | 11 |
| 3 Технологическая часть | 12 |
| 4 Исследовательская часть | 13 |
| Заключение | 14 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 15 |

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерная графика – совокупность методов и средств преобразования в графическую форму и из графической формы с помощью ЭВМ [1]. Конечным продуктом компьютерной графики является изображение [2]. Ключевые моменты, которые компьютерная графика рассматривает – как [2]

- изображения представляются в компьютерной графике;
- изображения готовятся для визуализации;
- предварительно подготовленные изображения рисуются;
- осуществляется взаимодействие с изображением.

Цель работы – разработка программного обеспечения для визуализации динамической ландшафтной сцены с облаками.

для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- изучить предметную область;
- спроектировать программное обеспечение;
- выбрать средства реализации программного обеспечения и создать его;
- провести исследование разработанного программного обеспечения.

1 Аналитическая часть

В аналитической части будут формализованы задачи и объекты сцены, определены геометрические и оптические характеристики объектов сцены. Также будут проанализированы и описаны алгоритмы, используемые для визуализации ландшафтной сцены с облаками. Будут установлены допустимые диапазоны и ограничения, накладываемые на входные данные.

1.1 Формализация задачи и объектов

Объектами сцены являются:

1) Облака (облачный пейзаж)

- Высота, на которой находятся облака;
- Скорость движения облаков по горизонту;
- Кучность: степень сжатия и плотности облаков, что влияет на их внешний вид и отбрасываемую тень.
- Плотность: определяет, сколько солнечного света облака могут заблокировать, что влияет на освещение ландшафта.

2) Ландшафт (ландшафтный пейзаж) –

- Рельеф: плоский равнинный.
- Материалы и текстуры: характеристики поверхности, такие как цвет и отражательная способность.
- Освещение от солнца и теней: ландшафт получает освещение, которое зависит от плотности облаков и положения солнца, а также отбрасываемых теней.

3) Бесконечно удаленный источник света (солнце) –

- Расположение: определяется положением на небесной сфере. Положение солнца влияет на длину и направление теней.
- Интенсивность: определяет, насколько ярко освещен ландшафт, также зависит от плотности облаков.

4) Наблюдатель (камера) –

- Расположение: координаты и угол обзора камеры, позволяющие наблюдать сцену с разных ракурсов.
- Поле зрения: угол обзора, влияющий на широту сцены.

Определение диапазонов и ограничений:

- **Высота облаков:** от 1000 до 3000 метров.
- **Скорость облаков:** от 0 до 50 км/ч.
- **Плотность облаков:** значение от 0 (полностью прозрачные) до 1 (непрозрачные).
- **Положение солнца:** угол наклона от 0° до 90° над горизонтом и азимутальный угол от 0° до 180° .
- **Пространственное перемещение** осуществляется только для таких объектов, как камера и солнце.

1.2 Алгоритмы генерации облаков

Существует несколько подходов к реализации облаков [3]:

- **Геометрический:** облака представляют собой, например, набор треугольников, сфер или прямоугольников. Геометрический подход к созданию облаков имеет смысл в определенной стилистике изображения.
- **Двумерная текстура:** простой и малозатратный подход, но такая статичная картинка имеет смысл только как дальнеплановые статичные изображения, через которые, например, нельзя пролететь сквозь. К тому же такие облака не могут производить тени.
- **Объемные (*volumetric*):** динамические облака, с которыми можно взаимодействовать и которые способны производить тени. Именно поэтому такие облака будут реализованы в данной работе.

Заклучим требования к алгоритму:

- Облака должны быть объемные;
- Облака должны генерироваться процедурно;
- Должен быть быстродействующим.

1.2.1 Жидкостная симуляция

Использование жидкостной симуляции для создания объемных облаков: создать простые объекты (сферы, шары), вокселизировать их и рассматривать их как жидкость, получая похожие на объемные облака фигуру [4].

Недостатки:

- Алгоритм медленный;
- Сложность контроля генерации;
- Сложность реализации.

1.2.2 Повоксельная генерация

Алгоритм заключается в генерации ограничивающего параллелепипеда (bounding box), состоящего из вокселей, хранящих информацию о цвете. [4].
Преимущества:

- Хорошо сочетается с алгоритмом построением теней

Недостатки:

- Высокие затраты памяти;
- Сложность обработки большого количества вокселей в реальном времени;
- Необходимость оптимизаций для обработки больших объемов.

1.2.3 Генерация на основе обратной трассировки лучей

Из точки наблюдателя для каждого пикселя грани высчитывается его итоговый цвет [5]. Алгоритм также опирается на ограничивающий параллелепипед, но вместо этого визуализируются лишь видимые грани параллелепипеда. Вместо вычисления каждого вокселя, алгоритм ориентируется на пиксели, видимые пользователю, и рассчитывает итоговые цвета только для них.

- Также хорошо сочетается с алгоритмом построением теней;
- Меньшие затраты памяти;
- Сниженные вычислительные затраты благодаря обработке только видимых пикселей.

Обратная трассировка лучей показывает преимущество перед повоксельной и жидкостной генерациях, так как обрабатывает только видимые пиксели, что снижает вычислительные затраты и экономит память, что необходимо при формировании динамического изображения.

1.3 Алгоритм генерации ландшафта

Одним из основных методов генерации ландшафта является использование шумов и аппроксимация примитивами.

1.3.1 Использование шумов

Шумы служат основой для создания естественных и органически выглядящих ландшафтов. Эти алгоритмы генерируют псевдослучайные значения, которые могут быть использованы для создания разнообразных элементов ландшафта, таких как высота, текстуры и цвет.

Один из наиболее распространенных способов использования шумов в генерации ландшафта заключается в создании высотной карты. Высотная карта — это двумерный массив значений, где каждое значение соответствует высоте точки на поверхности. Используя шумы с низкой амплитудой и частотой можно получить *равнинный ландшафт*, который и необходимо реализовать по техническому заданию.

1.3.2 Аппроксимация примитивами

Для представления сгенерированного ландшафта используются примитивы, и наиболее распространенным вариантом являются треугольники.

Основные шаги в использовании треугольников для аппроксимации ландшафта включают:

- Создание сетки: формирование сетки, состоящей из вершин, соединенных ребрами. Каждая вершина соответствует точке в высотной карте, а ребра образуют треугольники.
- Обработка вершин: применение значений высоты из высотной карты к вершинам сетки для создания рельефа.

1.4 Модели освещения

1.4.1 Закон Бугера — Ламберта — Бера

Для облаков некоторая часть света рассеивается от направления распространения, а еще большее количество поглощается каплями воды и моле-

кулами озона, но остается часть, которая продолжает движение без изменений.

Закон Бугера—Ламберта—Бера определяет ослабление пучка света при поглощении средой.

$$I_l = I_0 e^{-k_\lambda l}, \quad (1.1)$$

где I_0 — интенсивность света на входе в вещество, k_λ — показатель поглощения.

1.4.2 Закон Ламберта

Матовые поверхности обладают свойством диффузного отражения, т. е. равномерного по всем направлениям рассеивания света, благодаря чему поверхности визуально имеют одинаковую яркость независимо от угла обзора [2]

Закон Ламберта определяет интенсивность диффузного отражения света:

$$I_d = I_p K_d \cos(\theta), \quad (1.2)$$

где I_0 — интенсивность света на входе в вещество, θ — угол между направлением точечного источника светаа интенсивности I_p и нормалью \vec{N} к поверхности.

1.5 Алгоритм построения теней облаков

Тени от облаков зависят только от положения на поверхности, что делает их независимыми от точки зрения [2]. Для объемных облаков при построении их теней аналогично используется обратная трассировка лучей: при движении луча от поверхности к облакам определяется суммарная плотность облаков по пути, чтобы вычислить, сколько света блокируется [6].

Таким образом, учитывая закон Бугера—Ламберта—Бера и закон Ламберта, можем записать итоговую формулу для расчета интенсивности света на поверхности:

$$I_s = I_0 K_d \cos(\theta) e^{-k_\lambda l}. \quad (1.3)$$

где I_s — итоговая интенсивность света на поверхности, I_0 — интенсивность света от источника, K_d — коэффициент диффузного отражения, θ — угол

между направлением света и нормалью к поверхности, k_λ — показатель поглощения, l — расстояние, пройденное светом через облака.

Вывод

В аналитической части формализованы задачи и объекты сцены, определены геометрические и оптические характеристики объектов сцены. Также проанализированы и описаны алгоритмы, используемые для визуализации ландшафтной сцены с облаками. Установлены допустимые диапазоны и ограничения, накладываемые на входные данные. Был выбран алгоритм использующий обратную трассировку лучей для генерации объемных облаков, а также алгоритм для построения ландшафта с помощью аппроксимацией примитивами.

2 Конструкторская часть

В конструкторской части будет спроектировано разрабатываемое программное обеспечение и формально описаны используемые алгоритмы.

Вывод

3 Технологическая часть

В технологической части будут выбраны и описаны средства реализации программного обеспечения и представлены детали его реализации.

Вывод

4 Исследовательская часть

В исследовательской части будет проведено исследование разработанного программного обеспечения.

Вывод

Заключение

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.В. Куров. Конспект лекций по дисциплине «Компьютерная графика». 2024 год.
2. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики. Москва: Мир, 1989.
3. Муравский Иван. Лекции UNIGINE Open Air 2022. 2022. Дата доступа: 2024-10-07. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=FkYx0gSB1cU>.
4. Guerrilla Games. The Real-Time Volumetric Cloudscapes of Horizon Zero Dawn. 2023. Дата доступа: 2024-10-07. URL: <https://www.guerrilla-games.com/read/the-real-time-volumetric-cloudscapes-of-horizon-zero-dawn>.
5. Real-time Volumetric Rendering: Master's thesis. 2013. <http://patapom.com/topics/Revision2013/Revision%202013%20-%20Real-time%20Volumetric%20Rendering%20Course%20Notes.pdf>.
6. Efficient Cloud-Based Rendering of Real-Time Volumetric Clouds: Master's thesis. 2013.