

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Аналитическая часть	5
1.1 Формализация модели	5
1.2 Выбор модели представления объекта	5
1.3 Выбор модели освещения	6
1.3.1 Локальная модель освещения	6
1.3.2 Глобальная модель освещения	6
1.3.3 Вывод	6
1.4 Выбор алгоритма удаления невидимых ребер и поверхностей . .	6
1.4.1 Алгоритм обратной трассировки лучей	7
1.4.2 Алгоритм испускания лучей (raycasting)	7
1.4.3 Алгоритм развития лучей (raymarching)	8
1.4.4 Вывод	8
1.5 Выбор метода закраски	9
1.5.1 Метод Гуро	9
1.5.2 Метод Фонга	9
1.5.3 Метод обратной трассировки лучей	9
1.5.4 Вывод	9
Вывод	9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	10
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	11

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является получение набора методов и алгоритмов, позволяющих наиболее качественно реализовать программное обеспечение с пользовательским интерфейсом для моделирования зеркала, поверхность которого может иметь определенные оптические свойства.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- формализовать разрабатываемую модель;
- проанализировать модели представления объектов сцены, выбрать наиболее подходящую для достижения цели и обосновать выбор;
- проанализировать методы и алгоритмы удаления невидимых ребер и поверхностей, выбрать наиболее подходящий для достижения цели и обосновать выбор;
- проанализировать методы и алгоритмы закраски, модели освещения, выбрать наиболее подходящие для достижения цели и обосновать выбор.

1 Аналитическая часть

1.1 Формализация модели

Сцена состоит из:

- источника света,
- трехмерного объекта,
- наблюдателя,
- зеркала,
- ограничивающей плоскости.

Источник света является материальной точкой, из которой во все стороны исходят лучи света. Он не может отражать или преломлять свет. В частном случае, когда источник расположен в бесконечности, он имеет направленность. Положение источника света задается трехмерными координатами, цвет света описывается через RGB-параметры. Количество источников света не может меняться.

Трехмерный объект отображается с помощью модели из стандартного набора: пирамида, призма, шар. Основные параметры выбранной модели (например, количество углов основания у призмы) могут меняться.

Положение *наблюдателя* и *трехмерного объекта* задается координатами x , y , z . Они могут меняться посредством поворота, переноса.

Зеркало представляет собой трехмерный объект, свойства поверхности которого могут задаваться пользователем (степень полировки, цвет, радиус кривизны, размеры зеркала). Цвет поверхности описывается через RGB-параметры. Степень полировки и радиус кривизны задаются численно. Размеры зеркала представляются длиной и шириной, задаются численно. Глубина зеркала будет определяться программистом и не может меняться пользователем.

Ограничивающая плоскость представляет собой бесконечную плоскость, которая ограничивает нерабочую область зеркала и содержит его рабочую плоскость. Предполагается, что трехмерный объект и наблюдатель находятся со стороны рабочей поверхности зеркала.

1.2 Выбор модели представления объекта

Модели бывают: каркасные, поверхностные, объемные. [1]

Недостатком использования каркасной модели является неоднозначность получаемого результата, а объемной – избыточность для нашей задачи

информации о материале поверхности объекта.

Таким образом, будет использоваться *поверхностная* модель представления объекта, в которой его поверхность будет описываться, например, аналитически. Это позволит получать однозначный результат с необходимым минимумом информации об объекте.

1.3 Выбор модели освещения

Предназначением модели освещения является расчет интенсивности отраженного от объектов света. Существует два вида таких моделей: локальная и глобальная. [2, 3]

1.3.1 Локальная модель освещения

Особенностью локальной модели освещения является то, что в них не учитывается влияние предметов друг на друга. Другими словами, в них на закраску объекта влияют лишь источники света.

1.3.2 Глобальная модель освещения

Глобальная же модель освещения учитывает также отражение света от других объектов или его прохождение сквозь них. Таким образом, возможно добиться изображения отражений.

1.3.3 Вывод

Исходя из того, что перед нами стоит цель моделирования поверхности зеркала, выбор падает на *глобальную модель освещения*. Таким образом, отпадает необходимость рассматривать конкретные примеры локальных моделей освещения.

1.4 Выбор алгоритма удаления невидимых ребер и поверхностей

В зависимости от системы координат алгоритмы делятся на:

- работающие в пространстве экрана (изображения),
- работающие в пространстве сцены (объектов). [4]

Основной идеей алгоритмов, работающих в пространстве экрана, является нахождение видимых точек для каждого объекта и их отображение на экране в виде пикселей. В ходе их работы пиксель рисуется один раз, а отношения между объектами анализируются более одного раза. Объем вычислений для таких алгоритмов растет, как $C * N$, где C - количество пикселей, N - количество граней объекта.

Идеей же алгоритмов, работающих в пространстве сцены, является опе-

рирование геометрическими примитивами, проверка их пересечений и получение списка видимых объектов и их частей. В ходе их работы пиксель может перерисовываться более одного раза, а объект анализируется один раз. Объем вычислений для таких алгоритмов растет, как N^2 , где N - количество граней объекта.

В рамках данной практической работы основными критериями выбора алгоритма удаления невидимых ребер и поверхностей является:

- точность результата работы алгоритма,
- возможность использования глобальной модели освещения.

Сведем описание алгоритмов к общему виду:

- пространство, в котором работает алгоритм (сцены, экранное);
- обрабатываемые объекты;
- суть алгоритма;
- возможность использования глобальной модели освещения;
- точность результатов.

1.4.1 Алгоритм обратной трассировки лучей

Характеристики алгоритма:

- пространство алгоритма – экранное;
- обрабатываются объекты, представленные поверхностными или объемными моделями;
- суть алгоритма заключается в отслеживании взаимодействия лучей, испускаемых из точки наблюдения, с описывающими объекты сцены сферами и/или параллелепипедами, что существенно сокращает количество вычислений по сравнению с прямой трассировкой, однако алгоритм все еще является ресурсозатратным [5, 6];
- имеется возможность использования глобальной модели освещения;
- высокая точность результатов, так как работа идет непосредственно с точками, принадлежащими объектам.

1.4.2 Алгоритм испускания лучей (raycasting)

Характеристики алгоритма:

- пространство алгоритма – экранное;
- обрабатываются объекты простой формы, представленные поверхностными моделями;
- суть алгоритма заключается в том, что для каждого луча, испуска-

емого из точки наблюдения, рассчитывается и запоминается расстояние, которое он прошел до столкновения с ближайшим объектом сцены, и в дальнейшем объекты визуализируются в зависимости от этого расстояния;

- отсутствует возможность использования глобальной модели освещения;
- высокая точность результатов, так как работа идет непосредственно с точками, принадлежащими объектам. [7–9]

1.4.3 Алгоритм развития лучей (raymarching)

Характеристики алгоритма:

- пространство алгоритма – экранное;
- обрабатываются объекты, представленные поверхностными и объемными моделями;
- суть алгоритма заключается в том, что для каждого луча, испускаемого из точки наблюдения, происходит его развитие вдоль заданного направления и нахождение пересечения с объектом, при этом для каждой точки развития луча определяется радиус, на который можно пустить луч, на основе которого и значения вспомогательной функции поля расстояний со знаком (SDF) делается вывод о пересечении;
- имеется возможность использования глобальной модели освещения;
- низкая точность результатов, так как работа идет не с точками объекта, а с вычисляемыми точками пересечения. [10]

1.4.4 Вывод

Для наглядности составим таблицу, содержащую информацию о каждом рассмотренном алгоритме (таблица 1.1)

Таблица 1.1 — Анализ алгоритмов удаления невидимых ребер и поверхностей

	Обратная трассировка лучей	Испускание лучей	Развитие лучей
Пространство, в котором работает алгоритм	Экранное	Экранное	Экранное
Сложность алгоритма	$O(C * N)$	$O(C * N)$	$O(C * N)$

Наличие возможности использования глобальной модели освещения	+	–	+
Высокая точность результатов	+	+	–

Исходя из формализации модели, описания алгоритмов и составленной таблицы был сделан выбор в сторону *алгоритма обратной трассировки лучей*.

1.5 Выбор метода закрашки

Рассмотрим несколько методов закрашки поверхностей: метод Гуро, метод Фонга, метод обратной трассировки лучей. [11]

1.5.1 Метод Гуро

Метод Гуро основывается на билинейной интерполяции интенсивностей для создания иллюзии гладкой криволинейной поверхности.

1.5.2 Метод Фонга

Метод Фонга заключается в билинейной интерполяции векторов нормалей граней. Это является еще более трудоемким процессом.

Стоит отметить, что оба эти метода применяются только к поверхностям представления объектов.

1.5.3 Метод обратной трассировки лучей

Метод обратной трассировки лучей по сути уже был описан в предыдущем пункте. Для закрашки объектов используется рекурсия – добавляются отраженные и преломленные лучи и так далее, пока не будет достигнут предел рекурсии.

1.5.4 Вывод

Наиболее удобным и точным методом закрашки для достижения поставленной цели будет являться *метод обратной трассировки лучей*.

Вывод

В ходе проведения анализа были выбраны: поверхностные модели представления объектов, глобальная модель освещения, метод обратной трассировки лучей (как для удаления невидимых ребер и поверхностей, так и для закрашки).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе практической работы был получен набор методов и алгоритмов, позволяющих наиболее качественно реализовать программное обеспечение с пользовательским интерфейсом для моделирования зеркала, поверхность которого может иметь определенные оптические свойства.

Для достижения цели были решены поставленные задачи, то есть:

- была формализована разрабатываемая модель;
- были проанализированы модели представления объектов сцены и выбрана наиболее подходящая для достижения цели с обоснованием выбора;
- были проанализированы методы и алгоритмы удаления невидимых ребер и поверхностей и выбран наиболее подходящий для достижения цели с обоснованием выбора;
- были проанализированы методы и алгоритмы закраски, модели освещения и выбраны наиболее подходящие для достижения цели с обоснованием выбора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лисяк В.В. Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать — Издательство Litres, 2021. — 111 с.
2. Модели освещения и алгоритмы затенения в компьютерной графике: учебное пособие / Задорожный А.Г. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. — 80 с.
3. Глобальная модель освещения с трассировкой лучей [Электронный ресурс]. Режим доступа: (дата обращения - 23.07.23) свободный. URL: <http://www.mari-el.ru/mmlab/home/kg/Lecture12/3.html>
4. Головнин А.А. Базовые алгоритмы компьютерной графики / Головнин А.А. // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом ВУЗе: традиции и инновации — 2016. — № 1. — С. 13-30.
5. Порев В.Н. Компьютерная графика — СПб.: БХВ-Петербург, 2002. — 432 с.
6. Янова Р.Ю. Метод прямой и обратной трассировки / Янова Р.Ю. // Вестник науки и образования. — 2016. — № 5(17) — С. 29-30.
7. Евстратов В.В. Создание программы визуализации псевдотрехмерного изображения с помощью рейкастинга / В. В. Евстратов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 50 (340). — С. 12-15. — URL: <https://moluch.ru/archive/340/76504/> (дата обращения: 23.07.2023).
8. A ray casting method for the computation of the area of feasible solutions for multicomponent systems: Theory, applications and FASPACK-implementation [Электронный ресурс]. Режим доступа: (дата обращения - 23.07.23) свободный. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267016314209>
9. Обучение технологии ray-casting, часть 1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: (дата обращения - 23.07.23) свободный. URL: <https://habr.com/ru/articles/515256/>

10. Biagioli A. Raymarching Distance Fields: Concepts and Implementation in Unity [Электронный ресурс]. Режим доступа: (дата обращения - 15.07.2023) свободный. URL: <https://adrianb.io/2016/10/01/raymarching.html>
11. Методы закрашки [Электронный ресурс]. Режим доступа: (дата обращения - 21.07.23) свободный. URL: [https://portal.tpu.ru/SHARED/j/JBOLOTOVA/academic/ComputerGraphics/8. Методы закрашки_2019.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/j/JBOLOTOVA/academic/ComputerGraphics/8.Методы%20закраски_2019.pdf)