

ТЕХНОЛОГИЯ ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Леньшина Дарья Сергеевна

студент, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, РФ, г. Новосибирск

Кравцова Анна Александровна

студент, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, РФ, г. Новосибирск

RAY TRACING TECHNOLOGY IN COMPUTER GRAPHICS AND VISUALIZATION

Lenshina Daria Sergeevna

student, Siberian State University of Telecommunications and Informatics, Russian Federation, Novosibirsk

Kravtsova Anna Aleksandrovna

student, Siberian State University of Telecommunications and Informatics, Russian Federation, Novosibirsk

Аннотация. В данной статье рассматривается метод трассировки лучей, предназначенный для создания фотореалистичных изображений в трёхмерном пространстве. Описываются этапы построения рендера: от математической модели до реализации материалов и ускорения вычислений, а также анализируется моделирование поведения света.

Abstract. This article discusses a ray tracing method designed to create photorealistic images in three-dimensional space. It describes the stages of rendering: from a mathematical model to the implementation of materials and acceleration of calculations, and also analyzes the modeling of light behavior.

Ключевые слова: трассировка лучей, визуализация, материалы, отражение, преломление, глобальное освещение, BVH, глубина резкости.

Keywords: ray tracing, visualization, materials, reflection, refraction, global illumination, BVH, depth of field.

Метод трассировки лучей используется в компьютерной графике для создания реалистичных изображений. Он основывается на симуляции распространения света [2] от камеры в сцену и отслеживании его взаимодействия с объектами. Благодаря данному методу можно точно

воспроизводить тени, зеркальные отражения, преломления, рассеяние и глобальное освещение [3]. В отличие от растеризации, где сцена проецируется на экран, трассировка моделирует световые пути, обеспечивая более высокое качество визуализации.

, где A - начальная точка (как правило, это положение камеры), B - вектор направления, t - параметр, определяющий длину луча. При трассировке каждый пиксель изображения связан с лучом, проходящим через него, затем проверяется, пересекает ли луч какой-либо объект на сцене и, если это так, то определяется точка ~~Каждый луч описывается уравнением~~ заданной точке [2].

В качестве объектов сцены могут выступать простые примитивы - сферы, плоскости, кубы, треугольники. Для каждой фигуры реализуется алгоритм пересечения с лучом [1]. Например, сфера определяется уравнением второй степени, решаемое аналитически. После нахождения точки пересечения рассчитывается нормаль поверхности - вектор, перпендикулярный касательной плоскости, необходимый для освещения.

Реалистичность изображения достигается за счёт правильного моделирования поведения света при взаимодействии с материалами. Диффузные поверхности рассеивают свет равномерно в разные стороны, создавая матовый эффект. Металлические поверхности отражают лучи зеркально, а прозрачные - преломляют их с учётом коэффициента преломления. Помимо этого, учитывается вероятность отражения и преломления, зависящая от угла падения луча и свойств материала.

Рисунок 1. Сцена с материалами (диффузные, металлические, прозрачные)

Для повышения визуального качества используются следующие техники: экранное сглаживание (anti-aliasing), глубина резкости и размытие движения (motion blur).

1. Устраняет резкие границы за счёт усреднения результатов нескольких лучей в пределах одного пикселя
2. Реализуется благодаря моделированию апертуры объектива камеры, создавая эффект

фокусировки

3. Возникает, когда лучи имеют случайное время в пределах кадра, что позволяет отразить движение объектов во времени

В качестве повышения производительности используется иерархия ограничивающих объёмов (bounding volume hierarchy – BVH). Она представляет собой древовидную структуру, где каждый узел содержит ограничивающий объём и ссылки на дочерние узлы или примитивы. Это позволяет быстро исключать объекты, которые луч заведомо не пересекает, сокращая количество проверок и ускоряя рендеринг.

Камера задаётся в виде положения наблюдателя, точки фокусировки и вектора «вверх», что определяет ориентацию изображения. Также настраиваются параметры апертуры и расстояния фокусировки, что позволяет имитировать реальные эффекты глубины резкости [4]. Правильно подобранные параметры камеры играют ключевую роль в создании реалистичных сцен.

Рисунок 2. Отражения и преломления в полупрозрачных материалах

Метод трассировки лучей позволяет достичь высокого качества изображения при визуализации 3D-сцен. Благодаря гибкости архитектуры, поддержке различных свойств материалов и возможности оптимизировать вычисления [5], трассировка лучей является одним из лучших инструментов современной компьютерной графики.

Список литературы:

1. Эрикссон К. Real-Time Collision Detection [Электронный доступ] // OpenLibrary. – 2005. – Режим доступа: https://openlibrary.org/books/OL8606565M/Real-Time_Collision_Detection_%28The_Morgan_Kaufmann_Series_in_Interactive_3-D_Technology%29 (дата обращения 01.08.2025)
2. Фарр М., Якоб В., Хамфрис Г. Physically Based Rendering: From Theory to Implementation [Электронный ресурс] // PBR Book. – 2018. – Режим доступа: <https://pbr-book.org/> (дата обращения 01.08.2025)
3. Scratchapixel. Introduction to Global Illumination and Path Tracing [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://scratchapixel.com/lessons/3d-basic-rendering/global-illumination-path->

tracing/introduction-global-illumination-path-tracing.html (дата обращения 03.08.2025)

4. Wikipedia. Bounding volume hierarchy [Электронный ресурс] – Режим доступа:
https://en.wikipedia.org/wiki/Bounding_volume_hierarchy (дата обращения 04.08.2025)

5. Wikipedia. Rendering (computer graphics) [Электронный ресурс] – Режим доступа:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_\(computer_graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_(computer_graphics)) (дата обращения 04.08.2025)