

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.358

Рак  
Татьяна Александровна

Модификация алгоритма рендеринга на основе трассировки лучей

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка  
информации»

---

Научный руководитель  
Алехина Алина Энодиевна  
кандидат экономических наук, доцент

---

Минск 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Рынок мобильных приложений постоянно растёт и развивается. Популярность набирают не только функциональные и бизнес-приложения, но и игровые. Одной из важных составляющих в играх является визуальная картинка, позволяющая игроку глубже погружаться в саму игру. Самый наглядный и простой пример того, как интерактивная визуальность игры не может осуществиться без определенной подготовки геймера, обнаруживается в трехмерных играх. При этом именно технология 3D заявляет претензии на реалистичность – а значит, и естественность, доступность обычному зрению. Претензии на реалистичность всегда основываются на каком-то факторе, который объявляется объективным, независимым от влияния субъективного человеческого взгляда. Для линейной перспективы – это законы математики; для фотографии – бесстрастный механизм фотоаппарата, фиксирующий реальность как будто без участия человека. В игре человек устраняется за счет того, что задача построить изображение и моделировать оптические законы делегируется программному коду.

Компьютерная игра прочитывается массовой культурой сквозь фантазию о виртуальной реальности – технологии, которая способна создавать иллюзии столь достоверные, что их можно спутать с реальностью. Существующие системы виртуальной реальности все еще далеки от такого совершенства, да и не получили массового распространения, однако трехмерные компьютерные игры, особенно игры от первого лица, воплощают, пусть и в заведомо условном виде, логику виртуальной реальности, стремясь вызвать у геймера ощущение телесного присутствия в виртуальном мире. Мощь программного кода используется затем, чтобы отклик среды на действия игрока был моментальным, а графика в той или иной мере имитировала реальные законы оптики.

Процесс создания реального 2D-изображения или анимации из подготовленной сцены называется рендерингом изображения. Это можно сравнить с фотографированием или съемкой сцены после завершения настройки в реальной жизни [1]. Существует несколько различных и часто специализированных методов визуализации. Они варьируются от явно нереалистичного рендеринга каркаса через рендеринг на основе полигонов до более продвинутых методов, таких как рендеринг скан-линий, трассировка лучей и другие. Рендеринг может занимать от долей секунды до нескольких дней для одного изображения/кадра. В общем, различные методы лучше подходят как для фотореалистичного рендеринга, так и для рендеринга в реальном времени.

Когда целью является фотореализм, используются такие методы, как трассировка лучей, трассировка траектории, картирование фотонов или метод излучательности. Это основные методы, используемый в цифровых медиа и художественных произведениях. Методы были разработаны с целью моделирования других естественных эффектов, таких как взаимодействие света с различными формами материи. Примеры таких методов включают системы частиц (которые могут имитировать дождь, дым или огонь), объемный отбор проб (для имитации тумана, пыли и других пространственных атмосферных эффектов), каустику (для имитации фокусировки света неровными светопреломляющими поверхностями, такими как световые ряби, видимые на дне плавательного бассейна) и подповерхностное рассеяние (для имитации отражения света внутри объёмов твердых объектов, таких как кожа человека).

Процесс визуализации является вычислительно дорогостоящим, учитывая сложное разнообразие моделируемых физических процессов. Вычислительная мощность компьютера быстро росла на протяжении многих лет, позволяя постепенно повышать степень реалистичности визуализации. Киностудии, создающие компьютерные анимации, обычно используют рендер-ферму для своевременного создания изображений.

Исходя из вышеизложенного, актуальной проблемой является разработка модификации методов рендеринга и ПО, основанное на этой модификации, для сокращения времени получения фотореалистичных изображений.

В данной работе будут рассмотрены существующие алгоритмы и методы для создания изображений. Будет реализован метод для создания фотореалистичного изображения на основе метода трассировки лучей. По результатам рендеринга будет проведен анализ скорости рендеринга изображений

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## **Актуальность темы исследования**

Алгоритмы рендеринга на основе трассировки лучей обеспечивают высококачественный синтез реалистичных изображений сложных 3D сцен. Низкая производительность является основным недостатком, ограничивающим их применение.

## **Степень разработанности проблемы**

Трассировка лучей – технология построения изображения трёхмерных моделей в компьютерных программах, при которой отслеживается обратная траектория распространения луча (от экрана к источнику).

Алгоритмы рендеринга на основе трассировки лучей имеют ряд достоинств: возможность рендеринга гладких объектов без аппроксимации их полигональными поверхностями; вычислительная сложность метода слабо зависит от сложности сцены; высокая алгоритмическая распараллеливаемость вычислений; отсечение невидимых поверхностей, перспектива и корректное изменение поля зрения являются логическим следствием алгоритма.

Серьёзным недостатком метода является производительность. Метод растеризации и сканирования строк использует когерентность данных, чтобы распределить вычисления между пикселями. В то время как метод трассирования лучей каждый раз начинает процесс определения цвета пикселя заново, рассматривая каждый луч наблюдения в отдельности.

## **Цель и задачи исследования**

*Целью* магистерской диссертации является модификация алгоритма рендеринга на основе трассировки лучей и разработка его программной реализации для ускорения синтеза реалистичных изображений.

*Объектом* исследования выступают синтезированные реалистичные изображения сложных 3D сцен.

*Предметом* исследования является модели и методы рендеринга реалистичных изображений на основе трассировки лучей.

Для достижения поставленных целей основными задачами являются:

- 1 Исследование существующих алгоритмов рендеринга на основе трассировки лучей.
- 2 Разработка эффективной модификации алгоритма рендеринга на основе трассировки лучей.
- 3 Программная реализация разработанного алгоритма.

## **Теоретическая и методологическая основа исследования**

При проведении исследования и написании диссертации использованы научные публикации, техническая документация и интернет-источники, посвященные вопросам компьютерного рендеринга фотореалистичных изображений, существующих алгоритмов рендеринга на основе трассировки лучей, принципам работы и использованию их при рендеринге.

Для решения поставленных задач использованы следующие методы исследования: анализ, синтез, обобщение, сравнение, логический и графический методы.

В работе применялись математическое моделирование и методы компьютерного проектирования.

## **Научная новизна**

*Научная новизна* заключается в создании модификация алгоритма рендеринга на основе трассировки лучей и разработка его программной реализации для ускорения синтеза реалистичных изображений

*Теоретическая значимость* работы заключается в анализе используемых способов и алгоритмов применения автоматизации и машинного обучения при тестировании и построении собственной модели для автоматизированного тестирования интерфейса мобильных игр.

*Практическая значимость* работы заключается в разработанном алгоритме, эффективном и надежном в реализации.

## **Основные положения, выносимые на защиту**

- 1 Обзор и анализ достоинств и недостатков алгоритмов рендеринга.
- 2 Разработка модификации алгоритма рендеринга и проектирование программного обеспечения для рендеринга изображений.
- 3 Проектирование программного обеспечения для рендеринга изображений и способы его оптимизации.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка.

**В первой главе** проведен анализ достоинств и недостатков существующих алгоритмов рендеринга изображений, рассмотрены основные подходы, лежащие в основе этих методов. Выбран метод для модификации, обоснован этот выбор.

**Во второй главе** представлена математическая модель программы для рендеринга изображений путем трассировки лучей, предложены технические решения проблем обработки изображений.

**В третьей главе** выполнена реализация всех моделей и алгоритмов, описанных во второй главе с пояснениями и уточнениями. Предоставлены тестовые иллюстрации работы данной модели.

**В четвертой главе** предложены пути упрощения сложности алгоритма рендеринга с помощью трассировки лучей по временным ресурсозатратам и по эффективности использования. Произведен анализ работы этих алгоритмов, сделаны выводы и построены графики, иллюстрирующие эффективность работы алгоритма.

Общий объем диссертационной работы составляет 65 страниц. Из них 55 страниц основного текста, 32 иллюстрации на 29 страницах, библиографический список из 49 наименований на 3 страницах, список публикаций автора из 3 наименований на 1 странице.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный сравнительный анализ алгоритмов рендеринга показал высокую перспективность алгоритма на основе трассировки лучей.

В работе представлены математические модели, на которых базируется метод рендеринга на основе трассировки лучей: модели затенения и отражения, основанные на оптических уравнениях, математические модели поиска точек пересечения лучей с объектами на сцене, расчет положения камеры и точки зрения наблюдателя. Отдельное внимание уделено способом коррекции изображения, полученного компьютерного рендеринга, с учетом особенностей глаза человека.

Разработана программная реализация алгоритма рендеринга, основанная на представленных математических моделях. В ходе работы был написан и отлажен программный модуль реализующий рендеринг изображений на основе метода трассировки лучей. Также были реализованы алгоритмы, повышающие реалистичность результирующего изображения: сглаживания, гамма-коррекции, смена угла камеры.

С использованием разработанного программного модуля были сгенерированы фотореалистичные изображения сложных 3D сцен, состоящих из объектов, обладающих различными оптическими свойствами (состоящих из различных материалов).

Представлены подходы модификации алгоритма рендеринга на основе трассировки лучей, позволяющие значительно повысить его производительность: Kd-деревья (эвристический алгоритм, исключающий из рассмотрения объекты, заведомо не пересекаемые лучом) и SAH алгоритм (эвристический алгоритм, позволяющий эффективно разделять пространство 3D сцены). Показана алгоритмическая эффективность, представленных подходов (переход от размерности задачи  $O(N)$  к размерности  $O(\log(N))$ ). Исследована реальная эффективность полученного алгоритма.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1 – А. Рак, Т. А., Реалистичный рендеринг на основе метода трассировки лучей / Т. А. Рак // 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» –2020. – С. 147–148

2 – А. Рак, Т. А., Рендеринг реалистичных объектов на основе метода трассировки лучей / Т. А. Рак, Я. Г. Гриневич // Информационные технологии и системы 2020 (ИТС 2020): материалы междунар. науч. конф., (Республика Беларусь, Минск, 18 ноября 2020 года редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск: БГУИР, 2020. – С. 142–144

3 – А. Рак, Т. А., Гамма-коррекция изображений при рендеринге объектов методом трассировки лучей / Т. А. Рак // 57-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» –2021. – С. 168–170

Библиотека БГУИР