

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ API EMBREE И МЕТОДОВ ДИФФЕРЕНЦИРУЕМОГО РЕНДЕРИНГА ДЛЯ ЗАДАЧ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЦЕНЫ

Аргынова К.А. (Университет ИТМО), Жданов Д.Д. (Университет ИТМО)  
Научный руководитель – доцент, кандидат физико-математических наук, Жданов Д.Д.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** Восстановление оптических свойств объектов - часть задачи фотореалистичной реконструкции реальных трехмерных сред из изображений. Существующие методы компьютерного зрения опираются на простые модели освещения, материалов и переноса света, которые не учитывают сложное освещение, тени и отражения [1]. В свою очередь, физические алгоритмы дифференцируемого рендеринга сосредоточены на вычислении производных изображений, позволяющих решить обратную задачу рендеринга - определение параметров сцены из исходного изображения, и демонстрирующих сложные эффекты переноса света относительно произвольных параметров сцены, таких как положение камеры, геометрия объекта, изменяющиеся свойства материалов. Кроме того, эти методы могут быть включены в системы вероятностного вывода и машинного обучения, позволяя нейронным сетям оптимизировать 3D-объекты при работе с 2D-проекциями [2].

На данный момент достигнуты значительные успехи в реконструкции 3D-геометрии. Однако на восстановление оптических свойств сцены (свойства объектов, меняющие цвет, траекторию или состояние поляризации лучей в оптической системе) было уделено ограниченное внимание.

**Основная часть.** Расчет градиентов состоит из двух этапов. Первоначально задано исходное изображение с известными расположениями геометрических объектов и источников света. Для каждого пикселя изображения вычисляется яркость (цвет) с произвольно заданными оптическими параметрами (выбор метода описан в следующем абзаце). В результате формируется основной цвет пикселя и ряд дифференциальных цветов (для каждого дифференцируемого параметра отдельно). Во-вторых, данный набор цветов (с описанием параметров дифференцирования) представляет собой исходные данные для процесса оптимизации оптической системы. Градиенты вычисляются в зависимости от выбора функции потерь методом обратного распространения ошибки с помощью автоматического дифференцирования (также называемого нейросетевым оптимизатором).

Мы предполагаем, что функция изображения в зависимости от оптических параметров (таких как свойства материалов, нормаль глубины/шэйдинга) не имеет разрывов [3], поэтому наш расчет дифференцируемых яркостей пикселей схож с задачей прямого рендеринга. В этих целях большинство работ применяют метод прямой или двунаправленной трассировки путей. Однако для таких методов расчет яркости каустического освещения является трудноразрешимой задачей, особенно в сценах с источниками света малого размера. Наиболее универсальным методом расчета физически корректной яркости вторичного и каустического освещения является метод фотонных карт. В связи с этим в данной работе используется метод на основе двунаправленной стохастической трассировки лучей с использованием фотонных карт с многократной выборкой по значимости [4].

Для оптимизации процесса рендеринга необходимо запоминать информацию о трассах лучей от источника света и камеры - координаты точек соударения, индексы, нормали, цвет падающего луча, и т.д. Таким образом, можно проигрывать те же трассы для новых значений оптических свойств. Для ускорения поиска пересечения луча с геометрическими объектами сцены используется API Embree, реализующий базовые функции трассировки лучей с использованием SIMD инструкций.

**Выводы.** Ключевой вклад данной работы - извлечение оптических свойств элементов сцены с целью построения моделей сцен с реалистичными свойствами в задачах компьютерной графики, виртуальной и смешанной реальностей, а также для создания баз данных оптических материалов по их фотографиям.

#### **Список использованных источников:**

1. Azinovic D., Li T., Kaplanyan A., Nießner M. Inverse Path Tracing for Joint Material and Lighting Estimation. // arXiv preprint arXiv:1903.07145. - 2019. - С. 14.
2. Kato H., Beker D., Morariu M., Ando T., Matsuoka T., Kehl W., Gaidon A. Differentiable Rendering: A Survey. // arXiv preprint arXiv:2006.12057. – 2020. – С. 20 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.12057>.
3. Zhao S., Gkioulekas I., Bangaru S. Physics-Based Differentiable Rendering. // CVPR 2021 Tutorial, 2021. URL: <https://www.diff-render.org>. (дата обращения: 08.02.2023).
4. Жданов А.Д., Жданов Д.Д., Бирюков Е.Д. Реалистичный рендеринг на основе прямых и обратных фотонных карт // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. – 2020. – № 77. – С. 22 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://doi.org/10.20948/prepr-2020-77>.