

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И
АППАРАТНО-УСКОРЕННАЯ ТРАССИРОВКА ЛУЧЕЙ В
ЗАДАЧЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ**

Лобанов Илья Владимирович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: iloffu@gmail.com

Одной из сложных задач фотореалистичной визуализации является получение изображений драгоценных камней, необходимое для автоматизации производственного процесса. Сложность задачи заключается в присутствии таких физических эффектов как дисперсия, рефракция, спектральное поглощение, а также в многократном переотражении света внутри преломляющих объектов.

В данной работе был предложен алгоритм для графического процессора с использованием библиотеки NVIDIA OptiX, который моделирует основные оптические свойства драгоценных камней. За основу берется обратная трассировка лучей [1]. OptiX позволяет проводить трассировку на GPU рекурсивно с использованием программного стека и осуществлять быстрый поиск пересечений лучей с объектами, используя в качестве ускоряющей структуры sBVH дерево [2]. Основные шаги алгоритма:

1. Подготовка исходных данных: перевод данных, имеющих трехканальное представление в пространстве RGB, в спектральное представление; построение ускоряющей структуры для модели объекта; построение для материалов функции зависимости показателя преломления от длины волны и спектра поглощения.
2. Для каждого пикселя результирующего изображения выполняется трассировка лучей с разными длинами волн. На границе сред луч расщепляется на отражённый и преломлённый, их энергия вычисляется по формулам Френеля. Процесс продолжается рекурсивно. Луч трассируется до тех пор, пока не угаснет, или не достигнет максимальной глубины трассировки, после чего он с оставшейся энергией выходит из преломляющего объекта.
3. Рассчитанные интенсивности лучей преобразуются в RGB и записываются в результирующий буфер.

Для получения фотореалистичного изображения драгоценных камней из-за сильной дисперсии и спектрального поглощения света необходимо, чтобы источники света и оптические свойства материалов имели спектральное представление. Для работы с широко распространёнными моделями окружения, представленными в RGB, алгоритм осуществляет преобразование RGB в спектр. Для решения данной задачи был использован метод получения результирующей спектрограммы как взвешенной суммы базовых спектрограмм [3], который был усовершенствован с помощью итерационного подхода, в результате чего сумма погрешностей преобразования RGB компонент не превышает 0.4%. На каждом шаге алгоритма преобразования выполняются следующие действия для каждой из компонент r, g, b до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность:

$$r_0 = \Delta\lambda \sum_{i=0}^N \bar{r}(\lambda_i) \bar{I}(\lambda_i) \quad (1)$$

$$\bar{I}(\lambda_i) = \max(0, \bar{I}(\lambda_i) + \bar{r}_{norm}(\lambda_i) dr), dr = r - r_0 \quad (2)$$

$\Delta\lambda$ - шаг длины волны; \bar{r} и \bar{r}_{norm} - вектор чувствительности R компоненты для стандартного наблюдателя и нормированный вектор соответственно; \bar{I} - искомый спектр.

Для моделирования дисперсии алгоритм визуализации строит непрерывную функцию зависимости преломления от длины волны по трём или более дискретным значениям замеров на основе уравнения Коши. Результаты работы алгоритма были верифицированы при помощи физически корректного стохастического трассировщика лучей V-Ray.

Литература

1. Whitted T. An Improved Illumination Model for Shaded Display // Communications of the ACM, New York, USA, 1980, V. 23 N. 6 P. 343–349.
2. Stich M., Friedrich H., Dietrich A. Spatial splits in bounding volume hierarchies // In Proceedings of the Conference on High Performance Graphics 2009, ACM, New York, USA, 2009
3. Smith B. An RGB to Spectrum Conversion for Reflectances // Journal of Graphics Tools, Salt Lake City, UT, USA, 1999, V. 4 I. 4 P. 11–22.