

## Секция «Вычислительная математика и кибернетика»

### Определение геометрических и светоотражающих свойств поверхностей по фотоизображениям

Коробченко Д.А.<sup>1</sup>, Ильин А.А.<sup>2</sup>

1 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Факультет вычислительной математики и кибернетики, 2 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Факультет вычислительной математики и кибернетики, Москва, Россия  
E-mail: klabs@gmail.com

В задачах определения светорассеивающих свойств по фотоизображениям, необходимо знать информацию о виртуальной сцене, в которой были сделаны снимки исследуемых поверхностей. Для определения виртуальной сцены необходимо в единой системе координат, привязанной к исследуемому объекту, задать форму объекта, параметры камеры и источника света. Зачастую точная информация о форме объекта не доступна. В таких случаях для получения этой информации используют технологии трехмерного лазерного сканирования или пользуются алгоритмами компьютерного зрения для реконструкции формы по изображениям. Алгоритмы определения формы объектов не рассчитаны на сцены с изменяющимися условиями освещения, в то время как алгоритмы определения светорассеивающих свойств поверхностей базируются на данных, сделанных как раз при различных условиях освещения. Используя данные алгоритмы, приходится делать независимые серии фотоизображений: одни, для реконструкции геометрии, другие для исследования светорассеивающих свойств поверхностей. На практике такое использование крайне неудобно и зачастую влечет к излишним накоплениям ошибок при совместном регистрировании изображений.

Данная работа нацелена на решение задачи одновременного определения светоотражающих и геометрических особенностей объектов по одним и тем же наборам данных [1]. В работе исследуются объекты, форма поверхности которых представима в виде однозначной функции высоты  $z(x, y)$ . Геометрические свойства таких объектов очень удобно описывать с помощью дискретных карт высот и карт нормалей. Для описания свойств материала будем использовать одну из параметрических моделей освещения (Ламберта, Фонга и т.д.). Один из разработанных алгоритмов заключается в следующем. На вход подается несколько фотоизображений объекта, обладающего вышеуказанным свойством, в различных условиях освещения, то есть с различным положением источника света. С помощью специальных калибровочных объектов можно зарегистрировать положение камеры и источника света, а так же другие его параметры. Основной принцип восстановления основан на уравнении освещенности, которое при условии одного точечного источника света имеет следующий вид :

$$L_{out}(p) = \rho(\vec{n}, \vec{c}, \vec{l}) * L(p)$$

Здесь в каждой точке результирующая яркость пикселя зависит от входящей световой энергии от источника(L), а также коэффициента задающего материал, который зависит от нормали (n) в данной точке и положений источника (l) и камеры (c) по отношению к этой точке. Таким образом, с помощью данных на вход изображений можно

оптимизировать нормали и параметры модели освещения. Такая оптимизационная задача может решаться для каждого пикселя отдельно [2]. Минимизируется функционал ошибки (сумма для  $N$  входных изображений в точке  $\{i,j\}$ ,  $I$  – цвет пикселя на входном изображении,  $L$  – входящая энергия):

$$\sum_{k=1}^N (I_{ij}^k - \rho(\vec{n}_{ij}, \vec{c}_{ij}^k, \vec{l}_{ij}^k) * L_{ij}^k)^2$$

В таком случае часто бывает недостаточно входных данных для восстановления сложных моделей освещения. Однако при реконструкции матовых диффузных материалов с использованием модели Ламберта результаты приемлемы. Для восстановления более сложных моделей материалов можно решать задачу определения геометрии и материала по очереди, постепенно уточняя и то и то. А так же необходимо ввести связывающие условия на соседние точки изображения, чтобы задача в них не решалась независимо. При условии, что восстановлена карта нормалей, можно получить карту высот объекта, решая задачу Коши с некоторыми начальными условиями.

$$\begin{cases} \frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{n_x}{n_z}, \\ \frac{\partial z}{\partial y} = -\frac{n_y}{n_z} \end{cases}$$

По карте высот легко можно построить полигональную модель объекта. Обладая такой информацией можно синтезировать изображение объекта при других условиях освещения и положении камеры.

### Литература

1. Magda S., Kriegman D. Reconstruction of Volumetric Surface Textures for Real-Time Rendering. In: Eurographics Symposium on Rendering; 2006.
2. Paterson J. A., Claus D., Fitzgibbon A. W. BRDF and geometry capture from extended inhomogeneous samples using flash photography. In: EUROGRAPHICS; 2005.

### Иллюстрации

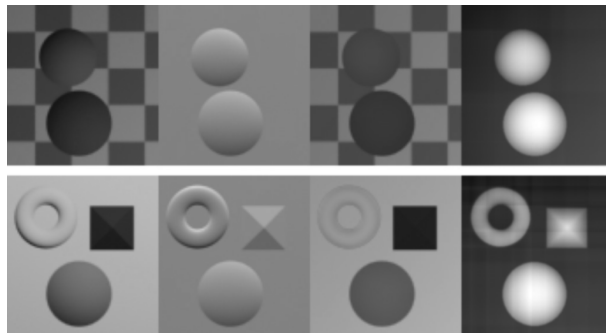


Рис. 1: Примеры полученных материалов и геометрических свойств (исходное изображение, карта нормалей, модель Ламберта, карта высот)