

# Программа построения 3D сцен с разными типами источников освещения

## Курсовая работа

Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"

Департамент программной инженерии ФКН

Научный руководитель:  
доцент департамента программной  
инженерии, к.т.н.  
Ахметсафина Римма Закиевна

Исполнитель:  
студент группы 201ПИ  
Пономарева Анастасия  
Викторовна

## Цель работы

Разработать программу для построения 3D сцен с разными типами источников освещения, не используя при этом графические библиотеки.

# Задачи работы

Изучить:

- 1 Модели 3D объектов в компьютерной графике;
- 2 Модели закраски в компьютерной графике;
- 3 Алгоритмы вычислительной геометрии (пересечение луча с объектами 3D сцены);
- 4 Алгоритмы компьютерной графики для формирования 3D сцены и вывода ее на 2D плоскость проекции;
- 5 Алгоритмы трассировки лучей, удаления невидимых линий и поверхностей.

# Требования к функционалу программы

- 1 Добавление на сцену различных стереометрических объектов, их редактирование и удаление;
- 2 Добавление на сцену источников освещения различного типа, их редактирование и удаление;
- 3 Сохранение сцены в файл \*.bmp;
- 4 Сохранение/загрузка данных об объектах, находящихся на сцене, в текстовый файл специального формата;
- 5 Сохранение/загрузка данных об источниках освещения, находящихся на сцене, в текстовый файл специального формата;
- 6 Изменение настроек сцены;
- 7 Отображение сцены в графическом интерфейсе приложения.

## Актуальность работы

Данная программа позволяет создать реалистичное изображение (с тенями и отражениями). Метод трассировки лучей, на котором основана программа, широко используется в компьютерной графике при создании фильмов и видеоигр, хотя и требует больших вычислительных затрат.

# Основные понятия и определения - трехмерная графика

**Трехмерная графика** — раздел компьютерной графики, совокупности программных и аппаратных приемов и инструментов, предназначенных для изображения объёмных объектов.

**Трехмерное моделирование** – процесс создания 3D модели объекта.

**3D сцена** - часть трехмерного мира, которая подлежит расчету и выводу на экран устройства вывода в соответствии с заданной точкой наблюдения.

# Основные понятия и определения - модели описания поверхностей

**Аналитическая модель** — описание тела, поверхности или иного объекта математическими формулами.

*(в программе - сфера, плоскость, треугольник, цилиндр)*

**Полигональная модель** – описание пространственных объектов с помощью полигонов.

*(в программе - конус, прямоугольный параллелепипед)*

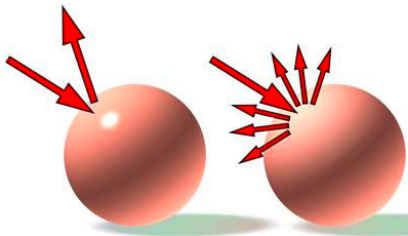
## Основные понятия и определения - освещение

В физике источником света называется любой объект, который излучает электромагнитную энергию в видимой области спектра.

Свет может быть поглощен, отражен или пропущен.

Типы поверхностей в компьютерной графике:

- Рассеивающие поверхности;
- Зеркальные поверхности.

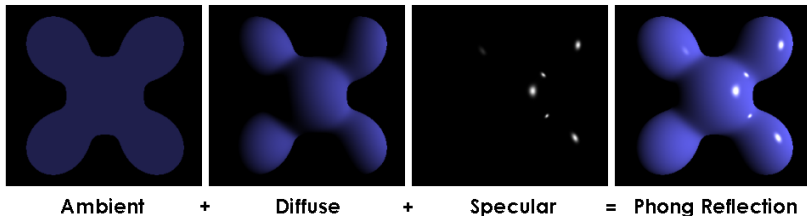




# Основные понятия и определения - модель Фонга

Включает в себя вычисление цветовой интенсивности трех компонент освещения:

- Фоновая составляющая (ambient);
- Рассеянная составляющая (diffuse);
- Глянцевые блики (specular).



# Основные понятия и определения - модель Фонга

## Свойства материала:

- $k_a(k_a^R, k_a^G, k_a^B)$  - цвет подсветки;
- $k_d(k_d^R, k_d^G, k_d^B)$  - цвет рассеянного света;
- $k_s(k_s^R, k_s^G, k_s^B)$  - цвет зеркальных бликов;
- $k_e(k_e^R, k_e^G, k_e^B)$  - цвет испускаемого света.
- $\beta$  - коэффициент блеска

## Характеристики освещения:

- $i_a(i_a^R, i_a^G, i_a^B)$  - мощность фоновое освещение;
- $i_d(i_d^R, i_d^G, i_d^B)$  - мощность рассеянного освещения;
- $i_s(i_s^R, i_s^G, i_s^B)$  - мощность зеркального освещения.

# Направленный источник освещения

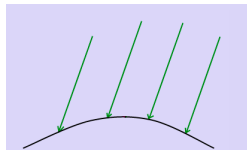
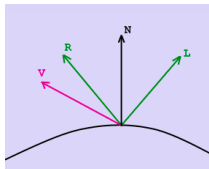
Обозначим  $\vec{N}$ - вектор нормали в точке пересечения луча с поверхностью  
 $\vec{V}$ - направление на наблюдателя,  $\vec{R}$  - направление отраженного луча.

Параметры источника освещения:

- $\vec{L}$  - вектор направления (рассеянная компонента);
- $\vec{H}$  - вектор полупути;  $\vec{H} = (\vec{L} + \vec{V})_{norm}$ .

Суммарный вклад в освещение вычисляется по формуле:

$$I = k_a i_a + k_d \cos(\vec{L}, \vec{N}) i_d + k_s \cos^\beta(\vec{H}, \vec{N}) i_s$$



# Точечный источник освещения

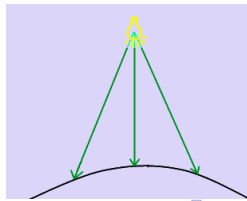
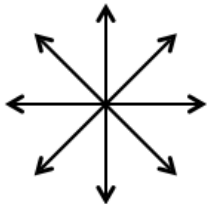
## Дополнительные параметры:

- расстояние от источника освещения до освещаемой точки;
- убывание интенсивности освещения

$$f_{att}(d) = \frac{1}{k_{const} + k_{linear}d + k_{quadratic}d^2}$$

Суммарный вклад в освещение вычисляется по формуле:

$$I = f_{att}(d)(k_a i_a + k_d \cos(\vec{L}, \vec{N}) i_d + k_s \cos^\beta(\vec{H}, \vec{N}) i_s)$$

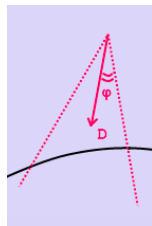


# Прожектор

## Дополнительные параметры:

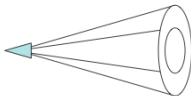
- $\vec{D}$  - направление центрального освещения;
- $\phi$  - половинный угол отсечения,  $\phi \in (0, 90^\circ)$ ;
- $k_{spotatt}(d)$  коэффициент поглощения

$$f_{spotatt}(d) = \begin{cases} 0, & \cos(-\vec{L}, \vec{D}) < \cos(\phi) \\ \cos^{k_{spotatt}}(-\vec{L}, \vec{D}), & \cos(-\vec{L}, \vec{D}) \geq \cos(\phi) \end{cases}$$



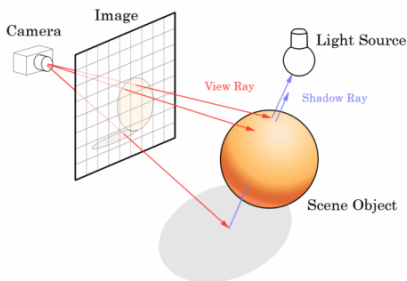
Суммарный вклад в освещение вычисляется по формуле:

$$I = f_{spotatt}(\vec{L}) f_{att}(d) (k_a i_a + k_d \cos(\vec{L}, \vec{N}) i_d + k_s \cos^\beta(\vec{H}, \vec{N}) i_s)$$



# Трассировка лучей

**Трассировка лучей** - метод геометрической оптики, включающий в себя исследование оптической системы через отслеживание взаимодействия лучей с поверхностями. В программе используется метод обратной трассировки лучей, которые строятся от наблюдателя через плоскость экрана вглубь сцены.



# Алгоритм - трассировка лучей

- ① Задать свойства рендерера;
- ② Смоделировать камеру, рассчитать разницу между позицией камеры и позицией наблюдателя;
- ③ Осуществить проход по пикселям изображения:
  - Создать луч, исходящий из камеры;
  - Создать список пересечений луча и объектов, найти объект, находящийся ближе всего к камере;
  - Посчитать цвет в пикселе;
  - "Усреднить" цвет.

# Технология и инструменты реализации

- Язык программирования C++
- Среды разработки – Microsoft Visual Studio 2013, Qt Creator 5.4

## Особенности реализации:

- Использование средств Qt для реализации GUI;
- Графические библиотеки при реализации алгоритмов не использовались.



# Демонстрация программы

## Результаты работы

- Задача и цели работы достигнуты – реализована программа для построения трехмерных сцен, где можно манипулировать различными объектами и источниками освещений.
- Проведено сравнение эффективности использования двух типов моделей описания поверхностей.

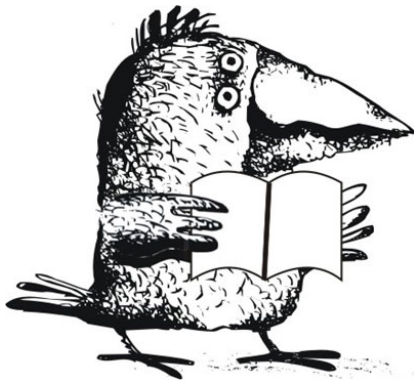
## Пути дальнейшей работы

- Добавление прозрачности объектам на сцене;
- Работа алгоритма трассировки лучей в реальном времени при использовании возможностей видеокарты;
- Оптимизация работы алгоритма с использованием иных структур данных (например Kd-деревьев).

## Список использованных источников

- Порев В.Н. Компьютерная графика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 432 с.: ил.
- Кулагин Д. Свойства источника и света материала. Типы источников света. Суммарное освещение [Электронный ресурс]// Компьютерная графика теория, алгоритмы, примеры на C++ и OpenGL, 2008. 8 марта. URL:[http://compgraphics.info/3D/lighting/light\\_sources.php](http://compgraphics.info/3D/lighting/light_sources.php) (дата обращения: 18.05.2015)
- Рождерс Д. Алгоритмические основы машинной графики: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989 - 512 с.
- Glassner, A. (ed) An Introduction to Ray Tracing. Academic Press New York, N.Y. 1989

# Спасибо за внимание!



Пономарева А.В.  
[anastasiy-ponomareva@yandex.ru](mailto:anastasiy-ponomareva@yandex.ru)