

Моделирование памятника архитектуры “Спасская башня”

Студент:
Искакова К.М.
группа ИУ7-52Б
Руководитель:
Куров А.В.



Цель работы

Целью курсового проекта является разработка программы, моделирующей памятник архитектуры «Спасская башня» и создания собственных сооружений, состоящих из сфер, цилиндров, конусов, параллелепипедов, треугольных и четырехугольных пирамид.



Задачи работы

В рамках реализации проекта должны быть решены следующие задачи:

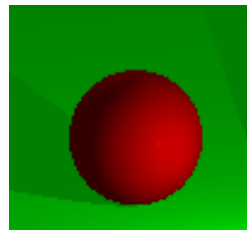
- Разработка программного обеспечения, которое позволит отобразить трехмерную сцену и визуализировать памятник архитектуры.
- Проектирование архитектуры программного обеспечения.
- Изучение и анализ алгоритмов компьютерной графики, использующихся для создания реалистичной модели взаимно перекрывающихся объектов, и выбор наиболее подходящего для решения поставленной задачи.
- Проведение исследования зависимости времени рендеринга программы от количества объектов на сцене.



Формализация объектов сцены

Сцена состоит из следующих объектов:

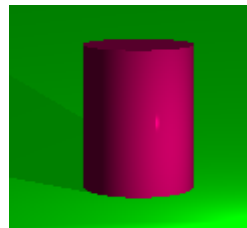
- Сооружения, состоящие из сфер, цилиндров, конусов, параллелепипедов, треугольных и четырехугольных пирамид.
- Точечных источников света.
- Направленный источник света, который является аппроксимацией солнца.
- Плоскости основания.



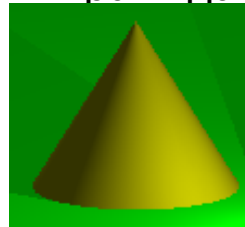
Сфера



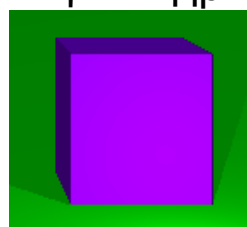
Пирамида



Цилиндр



Конус



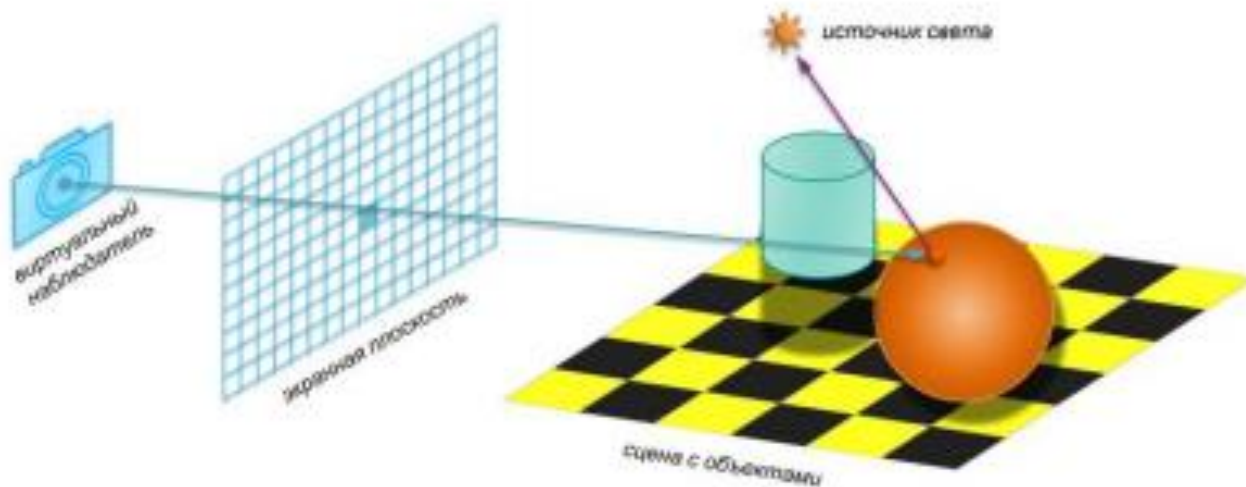
Параллелепипед



Алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей

Алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей	Критерии оценивания	
	Работа с телами вращений	Демонстрация отражения
Алгоритм трассировки лучей	✓	✓
Алгоритм Робертса	✗	✗
Алгоритм Варнока	✗	✗
Алгоритм, использующий z - буфер	✓	✗

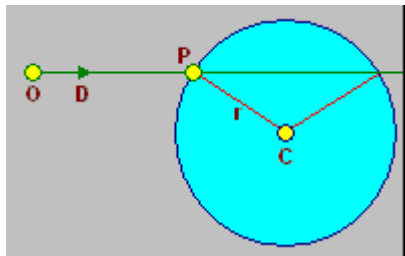
🔍 Алгоритм трассировки лучей



🔍 Пересечение луча с объектами сцены

Пусть O – начало луча, \vec{D} – вектор, показывающий направление луча. Любую точку P луча можно представить как $P = O + t\vec{D}$, где t – произвольное действительное число.

Пересечение луча со сферой

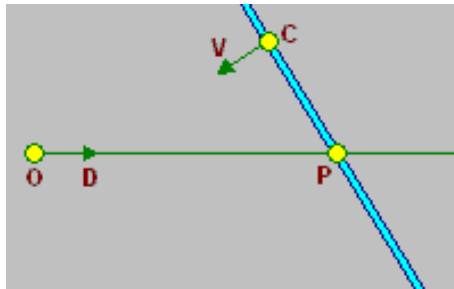


$$\text{dot}(P - C, P - C) = r^2$$
$$P = O + t\vec{D}$$

Чтобы найти точки пересечения луча со сферой необходимо решить уравнение:

$$t^2 \text{dot}(\vec{D}, \vec{D}) + 2 * t * \text{dot}(\vec{CO}, \vec{D}) + \text{dot}(\vec{CO}, \vec{CO}) - r^2 = 0$$

Пересечение луча с плоскостью



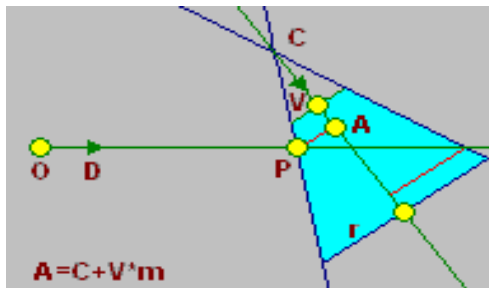
$$\text{dot}(\vec{V}, O + t\vec{D}) = 0$$

Чтобы найти точку пересечения луча с плоскостью необходимо решить уравнение:

$$t = \text{dot}(\vec{V}, \vec{C}) - \text{dot}(\vec{V}, O) / \text{dot}(\vec{V}, \vec{D})$$

🔍 Пересечение луча с объектами сцены

Пересечение луча с конусом

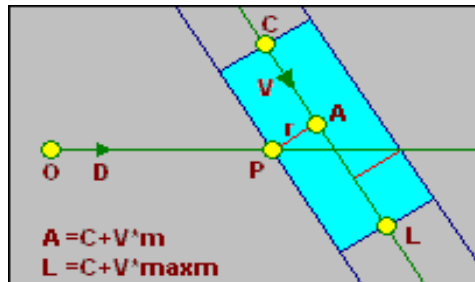


$$\begin{aligned} A &= C + m\vec{V} \\ \text{dot}(P - A, \vec{V}) &= 0 \\ \text{len}(P - A)/m &= k \end{aligned}$$

Чтобы найти точки пересечения луча с боковой поверхностью конуса необходимо решить уравнение:

$$\begin{aligned}
& t^2 \left(\text{dot}(\vec{D}, \vec{D}) - (1 + k + k) * \text{dot}(\vec{D}, \vec{V})^2 \right) + 2 * t \\
& * \left(\text{dot}(\vec{D}, \vec{CO}) - (1 + k + k) * \text{dot}(\vec{D}, \vec{V}) * \text{dot}(\vec{CO}, \vec{V}) \right) \\
& + \text{dot}(\vec{CO}, \vec{CO}) - (1 + k + k) * \text{dot}(\vec{CO}, \vec{V})^2 - r^2 = 0
\end{aligned}$$

Пересечение луча с цилиндром



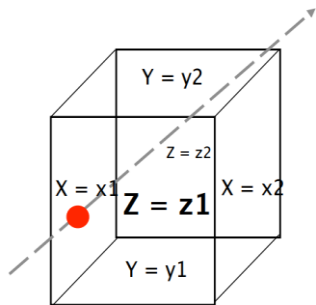
$$\begin{aligned} A &= C + m\vec{V} \\ \text{dot}(P - A, \vec{V}) &= 0 \\ \text{len}(P - A) &= r \end{aligned}$$

Чтобы найти точки пересечения луча с боковой поверхностью цилиндра необходимо решить уравнение:

$$t^2 \left(\text{dot}(\vec{D}, \vec{D}) - \text{dot}(\vec{D}, \vec{V})^2 \right) + 2 * t \\ * \left(\text{dot}(\vec{D}, \vec{CO}) - \text{dot}(\vec{D}, \vec{V}) * \text{dot}(\vec{CO}, \vec{V}) \right) + \text{dot}(\vec{CO}, \vec{CO}) \\ - \text{dot}(\vec{CO}, \vec{V})^2 - r^2 = 0$$

🔍 Пересечение луча с объектами сцены

Пересечение луча с параллелепипедом



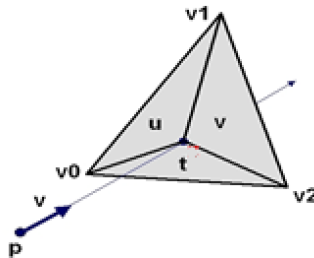
Возьмем пару плоскостей, параллельных плоскости yz : $x = x_1$ и $x = x_2$. Пусть \vec{D} – вектор направления луча.

Если координата x вектора \vec{D} равна 0, то заданный луч параллелен этим плоскостям и, если $x_0 < x_1$ или $x_0 > x_2$, то он не пересекает рассматриваемый прямоугольный параллелепипед. Если же $D.x$ не равно 0, то вычисляем отношения:

$$t_{1x} = (x_1 - x_0) / D.x$$

$$t_{2x} = (x_2 - x_0) / D.x$$

Пересечение луча с треугольником



$$z(u, v) = (1 - u - v) * v_1 + u * v_2 + v * v_0$$

$$z(t) = p + t * d$$

$$p + t * d = (1 - u - v) * v_1 + u * v_2 + v * v_0$$

$$E1 = v_1 - v_0$$

$$E2 = v_2 - v_0$$

$$t = p - v_0$$

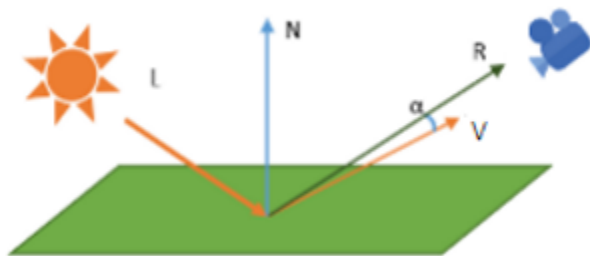
$$P = \text{cross}(D, E2)$$

$$Q = \text{cross}(T, E1)$$

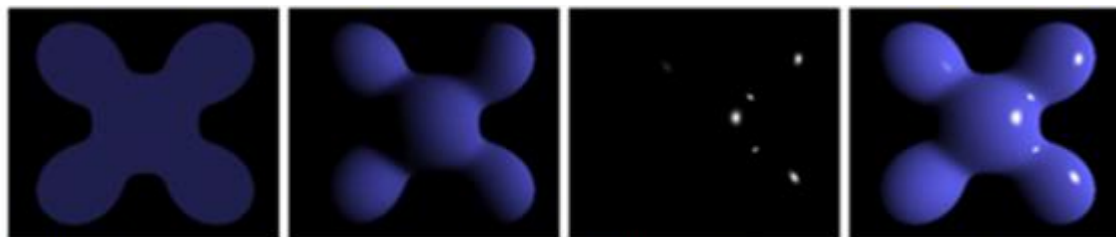
$$D = v$$

$$\begin{bmatrix} t \\ u \\ v \end{bmatrix} = \frac{1}{\text{dot}(P, E1)} * \begin{bmatrix} \text{dot}(Q, E2) \\ \text{dot}(P, T) \\ \text{dot}(Q, D) \end{bmatrix}$$

🔍 Модель освещения Фонга



$$I = K_a I_a + K_d (\vec{N}, \vec{L}) + K_s (\vec{R}, \vec{V})^p, \text{ где}$$



фоновое освещение + рассеянный свет + зеркальная составляющая = модель освещения Фонга

\vec{N} – вектор нормали к поверхности в точке,

\vec{L} – падающий луч (направление на источник света),

\vec{R} – отраженный луч,

\vec{V} – вектор, направленный к наблюдателю,

K_a – коэффициент фонового освещения,

K_d – коэффициент диффузного освещения,

K_s – коэффициент зеркального освещения.

p – степень, аппроксимирующая пространственное распределение зеркально отраженного света.



Схема алгоритма трассировки лучей

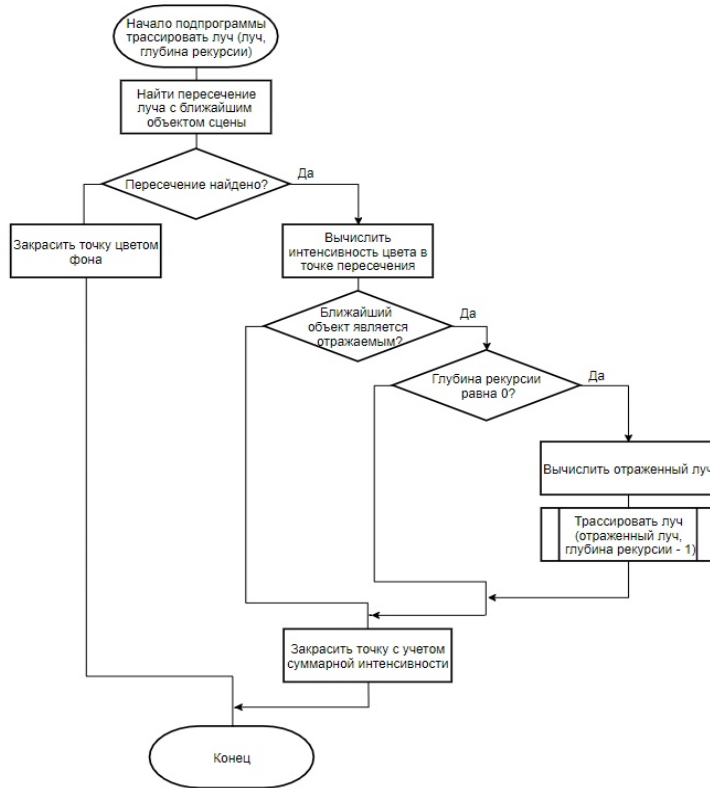




Схема алгоритма расчета освещенности в соответствии с моделью Фонга

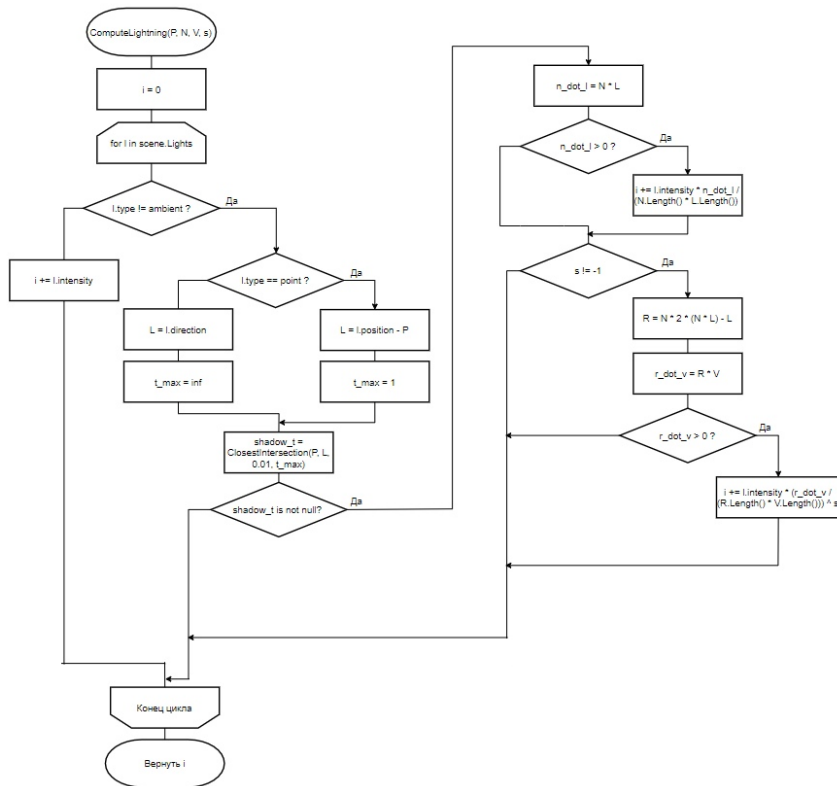
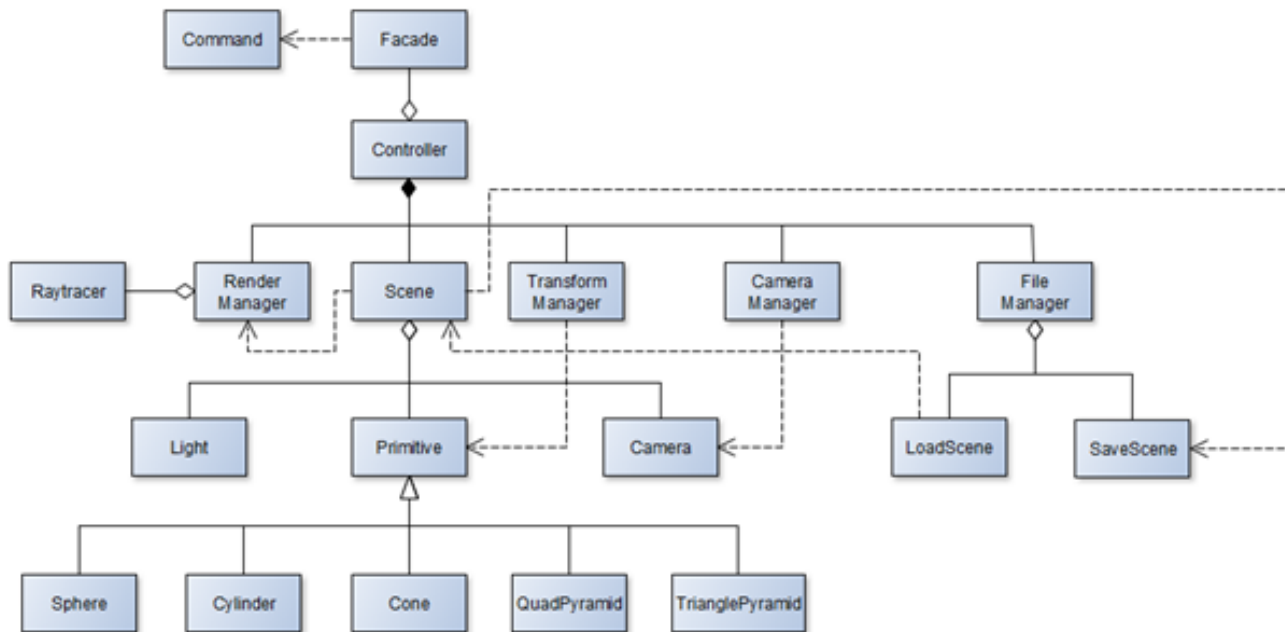


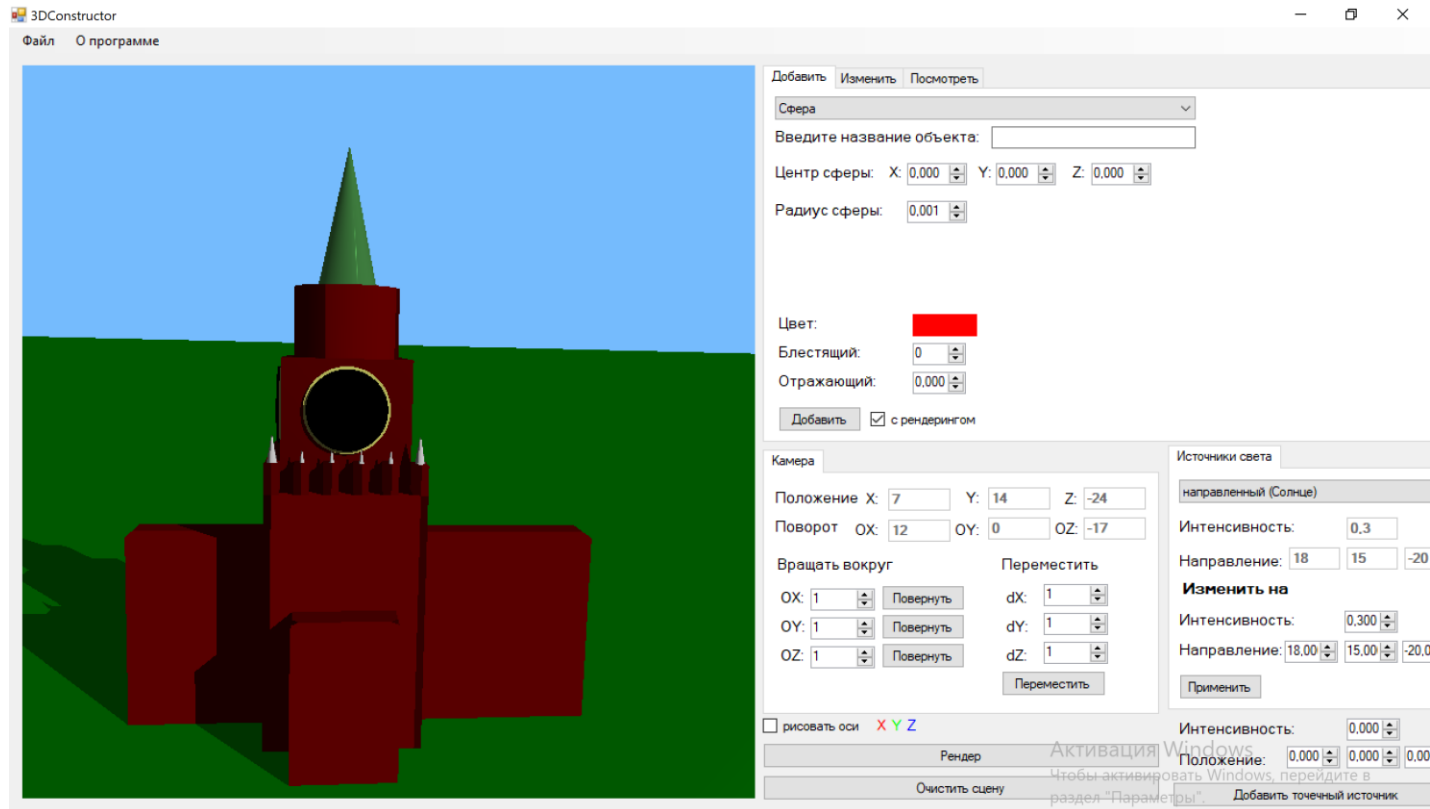


Диаграмма классов





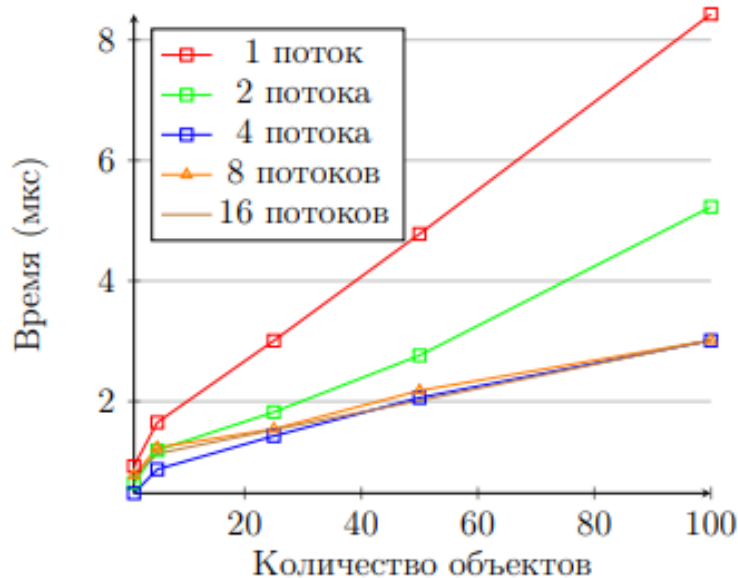
Интерфейс программы



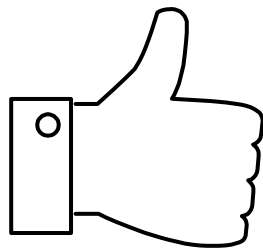


Постановка эксперимента по замеру времени

При исследовании временных характеристик разработанной программы использовался компьютер на базе 4-х ядерного процессора Intel Core i5.



Сравнительный анализ времени рендеринга сцены от количества объектов.



Спасибо за внимание!