



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

Визуализация сцен трехмерных объектов

Студент: Могилин Никита Сергеевич ИУ7-51Б
Руководитель: Мальцева Д. Ю.

2024 г.

Цели и задачи курсовой работы

Цель — разработка программного обеспечения для визуализации сцен трехмерных объектов с изменяемыми параметрами.

Задачи:

- формализовать задачу в виде IDEF0 диаграммы;
- проанализировать существующие модели представления объектов;
- проанализировать существующие алгоритмы компьютерной графики: удаления невидимых линий и поверхностей, построения теней, закраски и освещения;
- спроектировать программное обеспечение для визуализации трехмерных сцен;
- выбрать средства реализации спроектированного программного обеспечения и разработать его;
- исследовать характеристики разработанного программного обеспечения.

Формализация задачи



Модели описания объектов

Обозначения:

А – Аналитическая;

П – Полигональная;

В – Воксельная;

РС – с помощью равномерной сетки;

НС – с помощью неравномерной сетки.

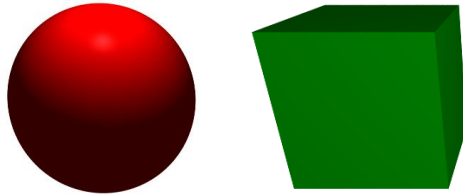
N – число граней поверхности;

V – число вокселей;

K – общее число ячеек.

Критерии	А	П	В	РС	НС
Временная сложность поиска нормали	$O(1)$	$O(N)$	$O(V)$	$O(1)$	$O(K)$
Временная сложность поиска пересечения	$O(1)$	$O(N)$	$O(V)$	$O(K)$	$O(K)$
Пространственная сложность хранения	$O(1)$	$O(N)$	$O(V)$	$O(K)$	$O(K)$
Возможность описания произвольных объектов	-	+	+	-	+
Отсутствие погрешности при задании сферы	+	-	-	-	-

Объекты сцены (часть 1)



Аналитически заданные объекты

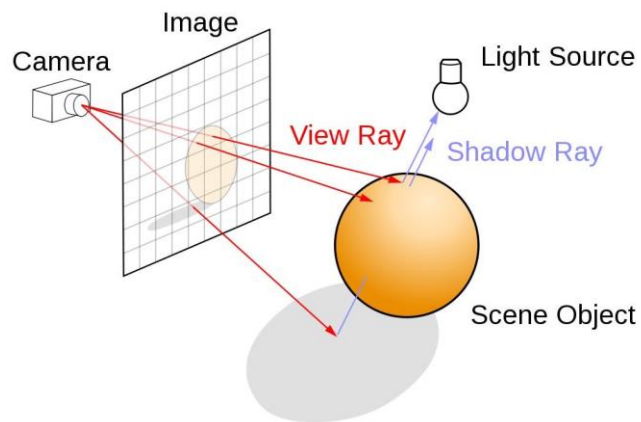
Сфера задается центром и радиусом, куб задается центром и размером стороны



Объекты, заданные с помощью полигональной сетки

Шахматные фигуры задаются множеством вершин и треугольных полигонов

Объекты сцены (часть 2)



Камера

задается положением в пространстве (три координаты) и вектором направления.

Источник света

задается положением в пространстве (три координаты) и интенсивностью

Алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей

Обозначения алгоритмов:

Р – Робертса;

ЗБ – с использованием Z-буфера;

В – Варнака;

ОТ – обратная трассировка лучей.

М – требует модификации;

О – объектное пространство;

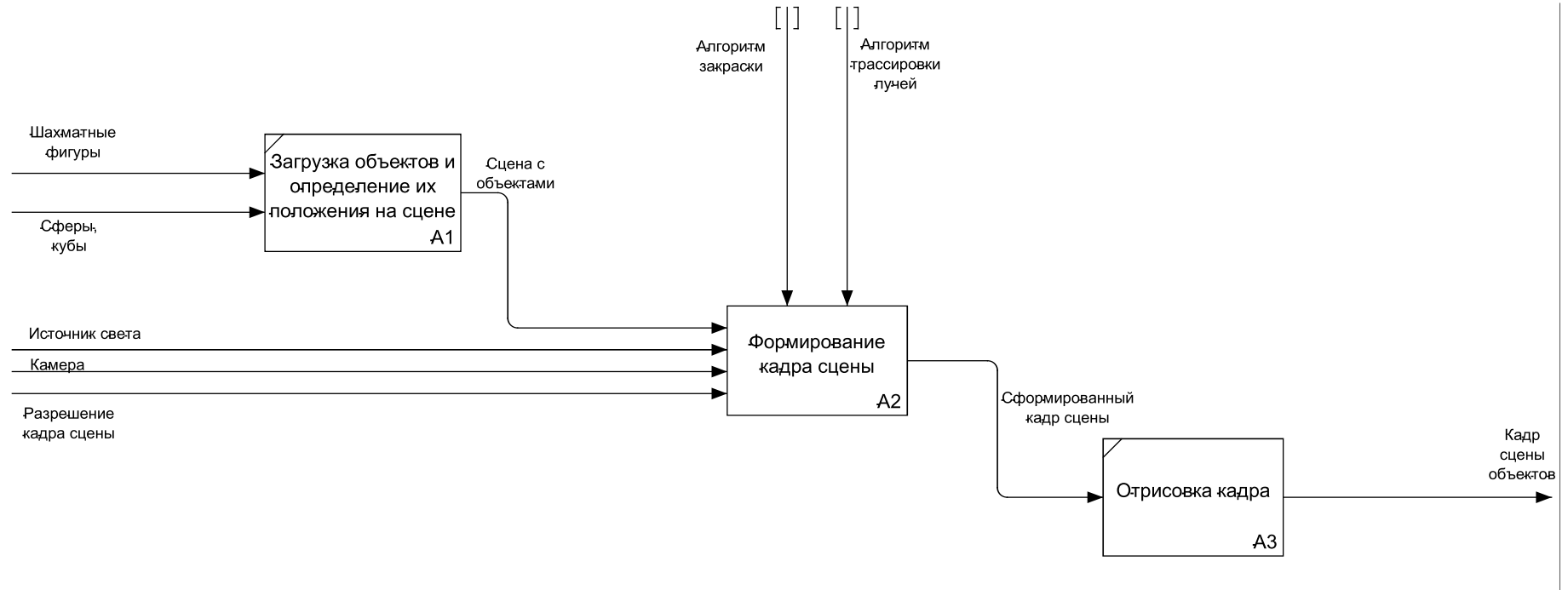
И – пространство изображений;

N – число аналитических поверхностей и полигонов;

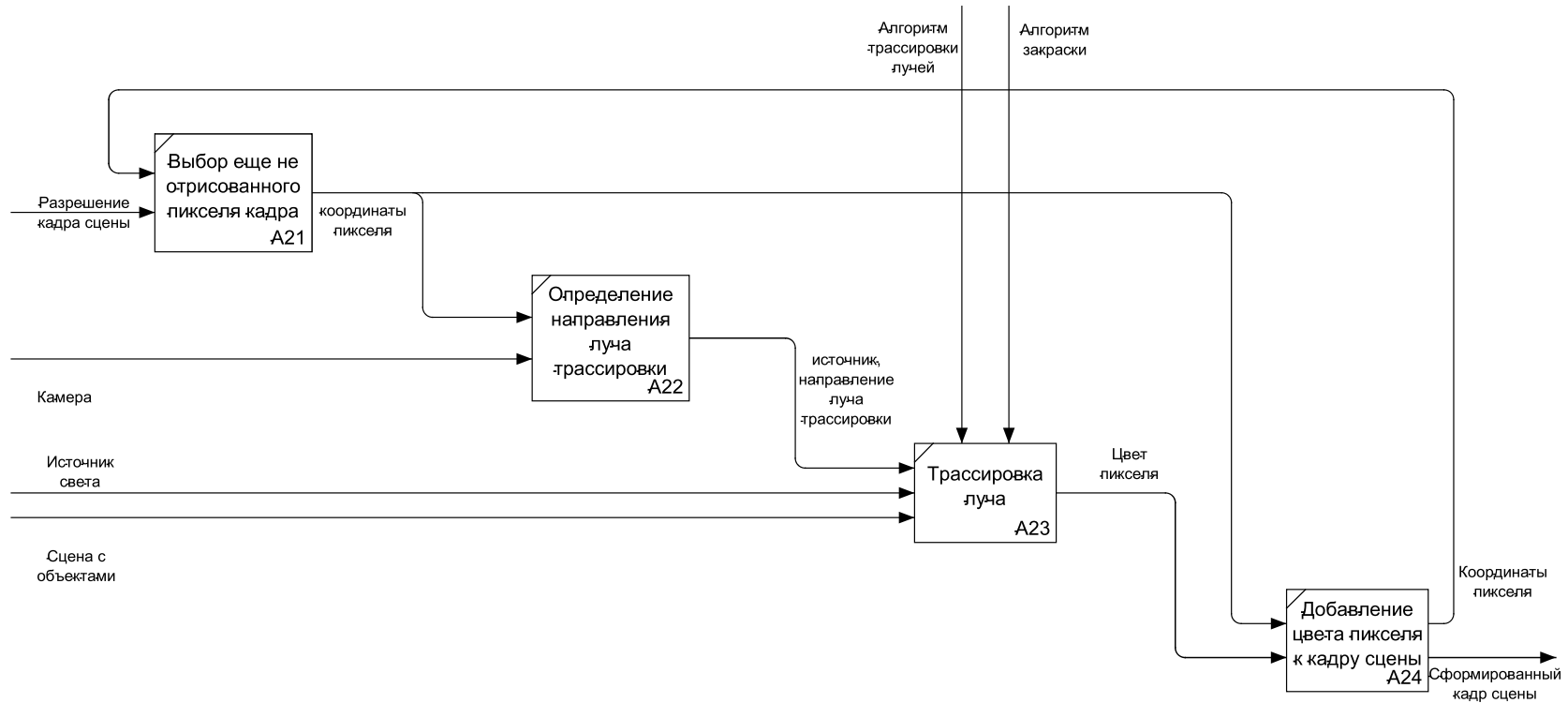
W, H – ширина и высота экрана в пикселях соответственно.

Критерии	Р	ЗБ	В	ОТ
Возможность построения отражений	-	-	-	+
Возможность отрисовки объектов, заданных аналитически	-	+	-	+
Возможность отрисовки объектов, заданных полигональной сеткой	+	+	+	+
Возможность симуляции эффекта глубины поля	-	М	-	+
Пространство	О	И	И	И
Временная сложность	$O(N^2)$	$O(WHN)$	$O(WHN)$	$O(WHN)$

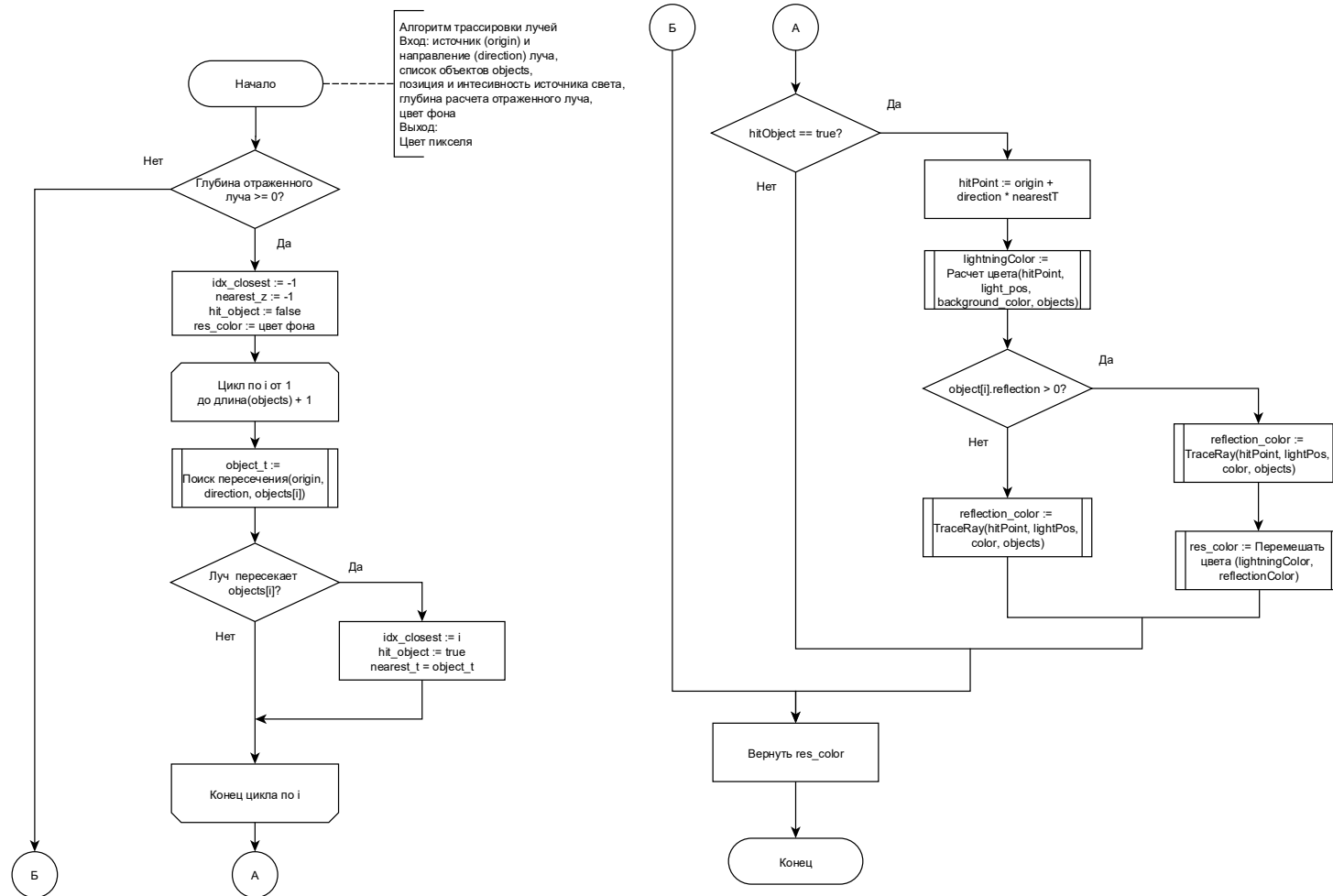
Функциональная модель программного обеспечения, уровень А0



Функциональная модель программного обеспечения, уровень А1



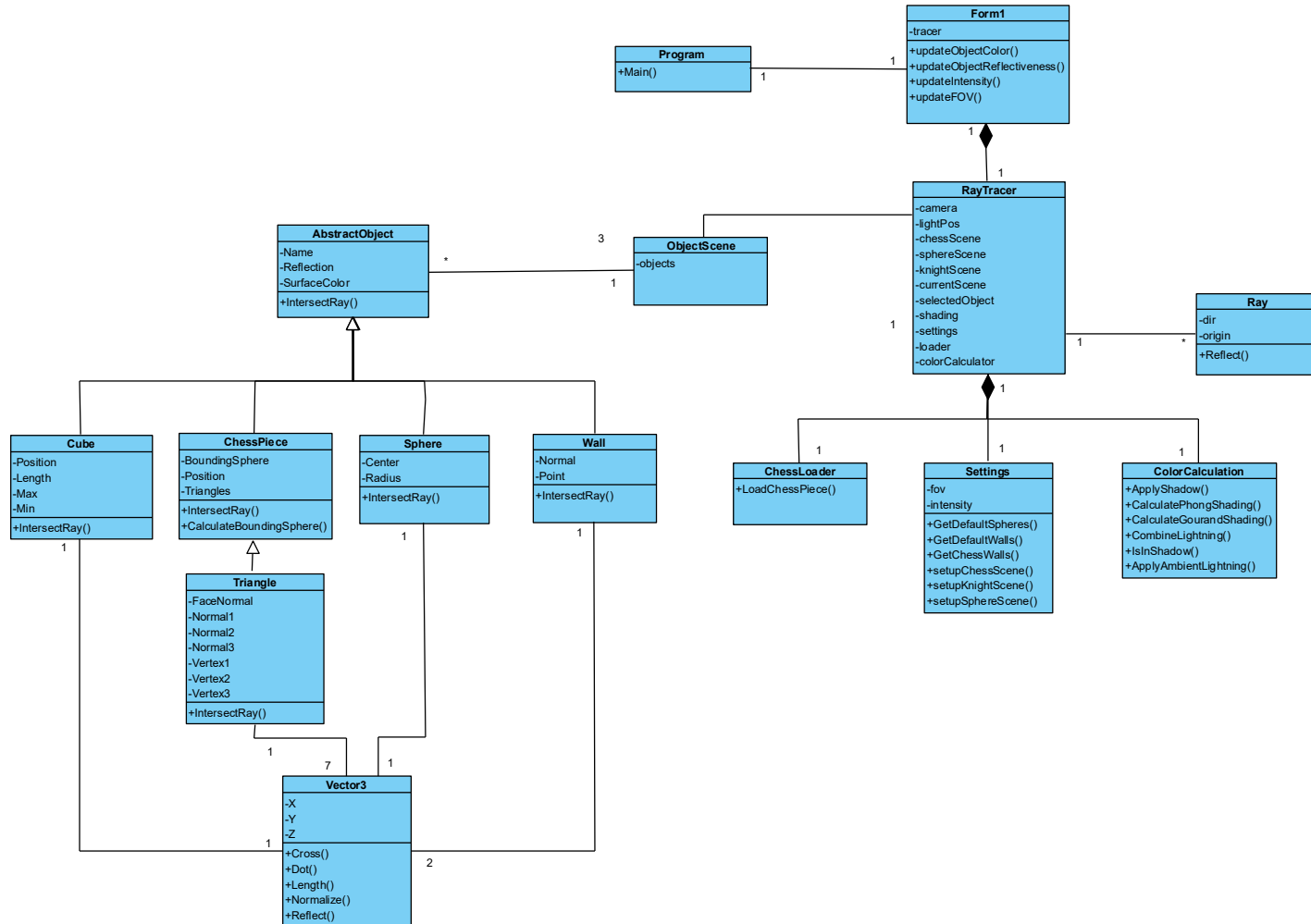
Алгоритм трассировки лучей



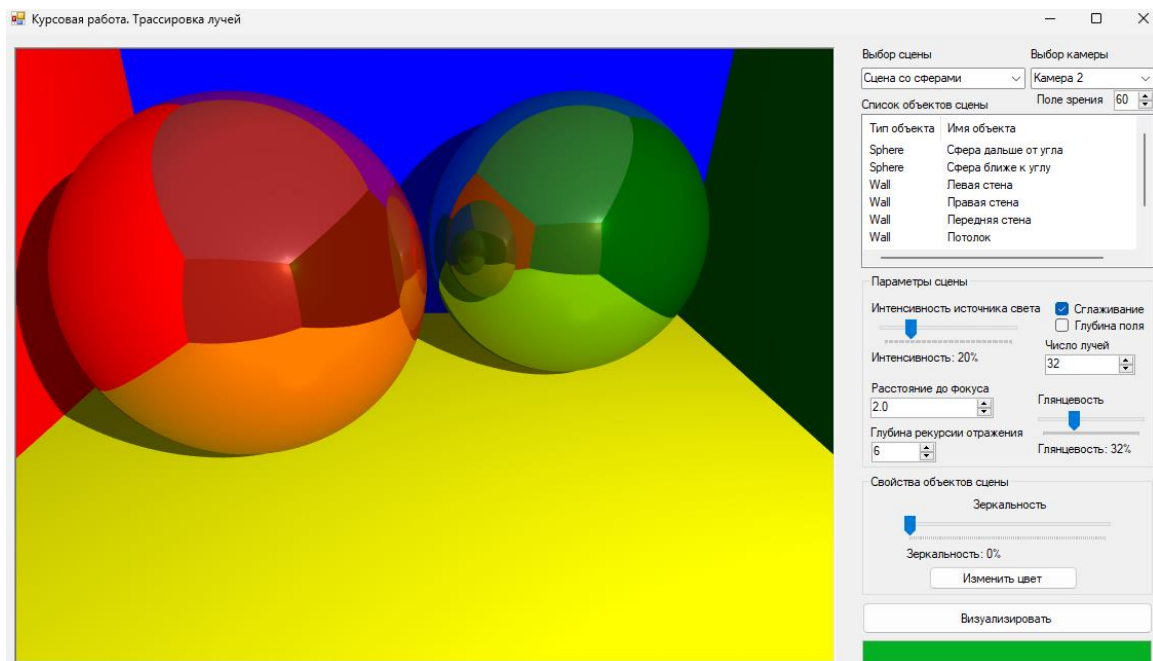
Средства реализации

- Язык: C#;
- Среда разработки: Microsoft Visual Studio;
- Фреймворк для модульного тестирования: XUnit.

Диаграмма классов



Пример интерфейса



Пример визуализации сцены с двумя сферами и сглаживанием

Модульное тестирование

В качестве метрики, используемой для оценки полноты тестирования программного обеспечения, было выбрано покрытие строк кода. Реализованный набор модульных тестов имеет покрытие, равное 23%.

Пример модульного теста

```
[Fact]
public void AdditionOperatorTest()
{
    var v1 = new Vector3(1, 2, 3);
    var v2 = new Vector3(4, 5, 6);
    var result = v1 + v2;

    Assert.True(result.X == 5 && result.Y == 7
&& result.Z == 9);
}
```

Вывод результата тестирования

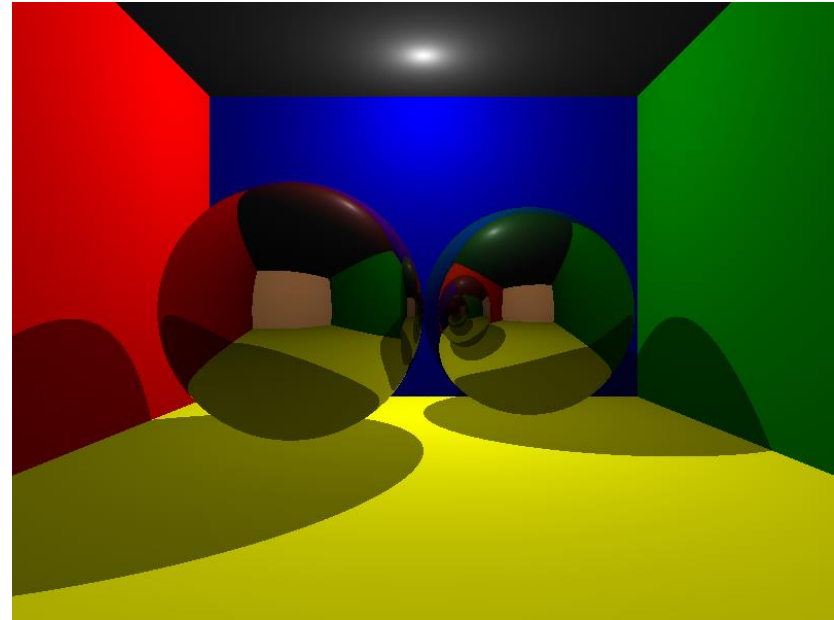
```
[xUnit.net 00:00:00.00] xUnit.net VSTest Adapter
v2.5.3.1+6b60a9e56a (64-bit .NET 8.0.11)
[xUnit.net 00:00:00.04]   Discovering: TestProject1
[xUnit.net 00:00:00.06]   Discovered:   TestProject1
[xUnit.net 00:00:00.06]   Starting:     TestProject1
[xUnit.net 00:00:00.11]   Finished:      TestProject1
[xUnit.net 00:00:00.00] xUnit.net VSTest Adapter
v2.5.3.1+6b60a9e56a (64-bit .NET 8.0.11)
TestProject1 (тест) успешно выполнено (0.6 с)

Сводка теста: всего: 26, сбой: 0, успешно: 26,
пропущено: 0, длительность: 0.6 с
```

Функциональное тестирование, часть 1

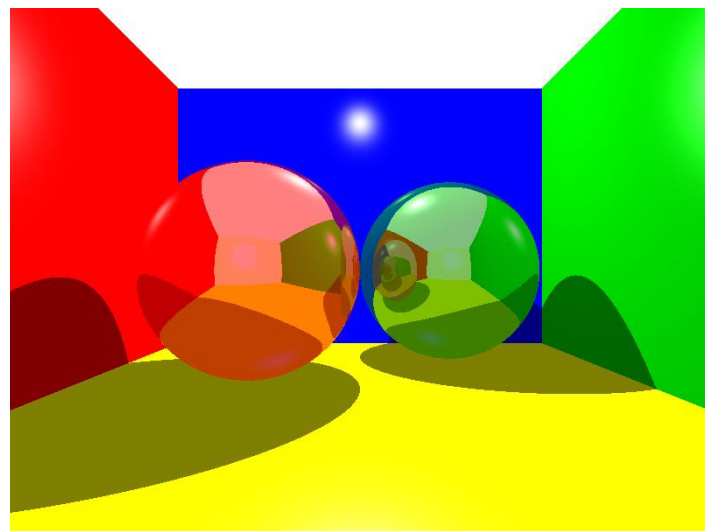
Функциональное тестирование проводится по следующему алгоритму:

- 1) разработать тестовые случаи для программы;
- 2) составить входные данные для каждого случая;
- 3) получить картинку для этих входных данных;
- 4) визуально оценить результат.

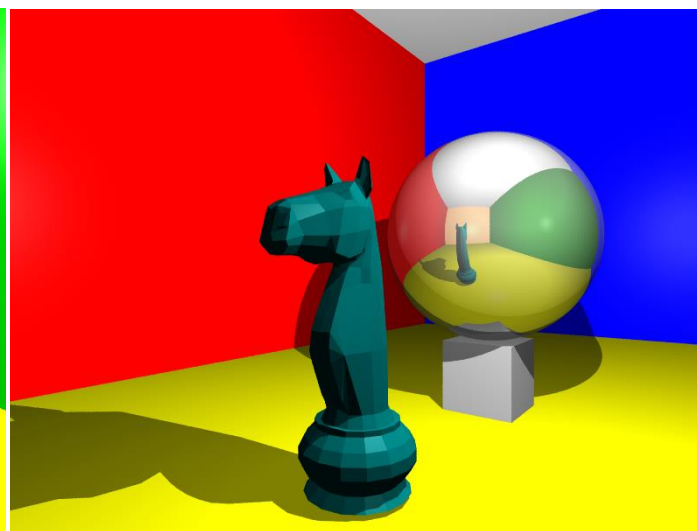


Минимальная интенсивность
источника света

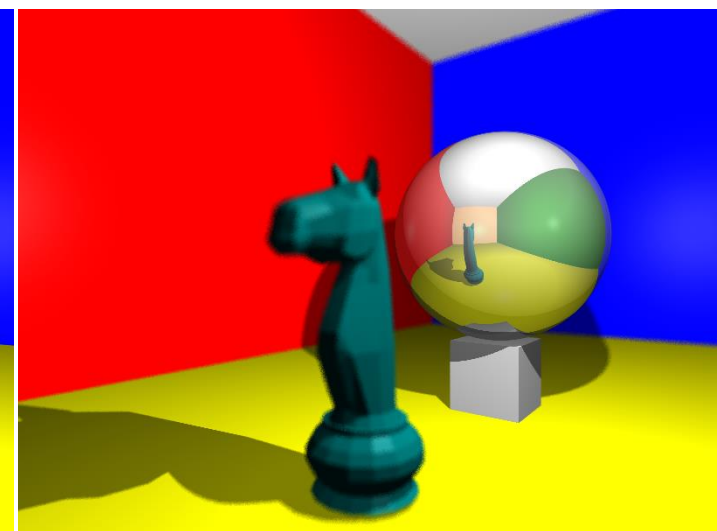
Функциональное тестирование , часть 2



Максимальная
интенсивность
источника света



Изображение,
сглаженное 16
дополнительными
лучами на пиксель

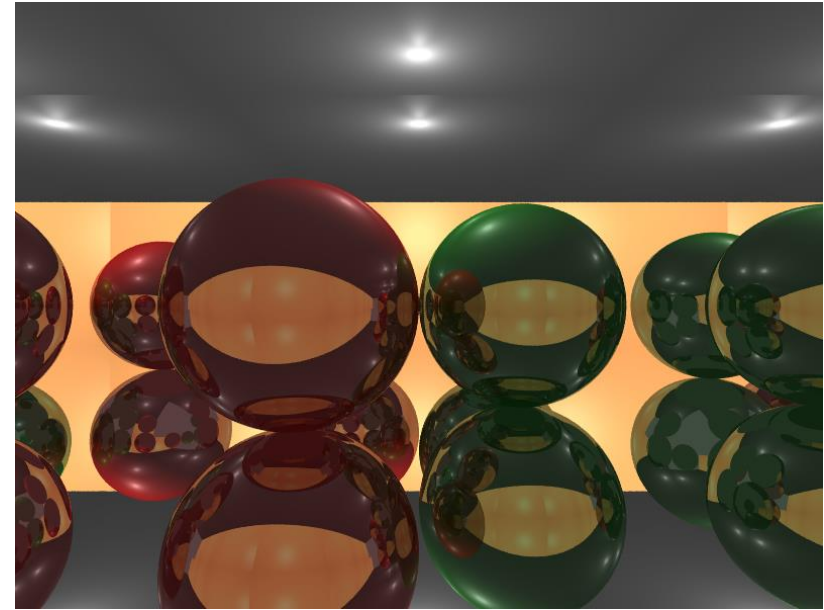


Эффект глубины поля,
симулируемый 32
дополнительными
лучами на пиксель

Функциональное тестирование, часть 3

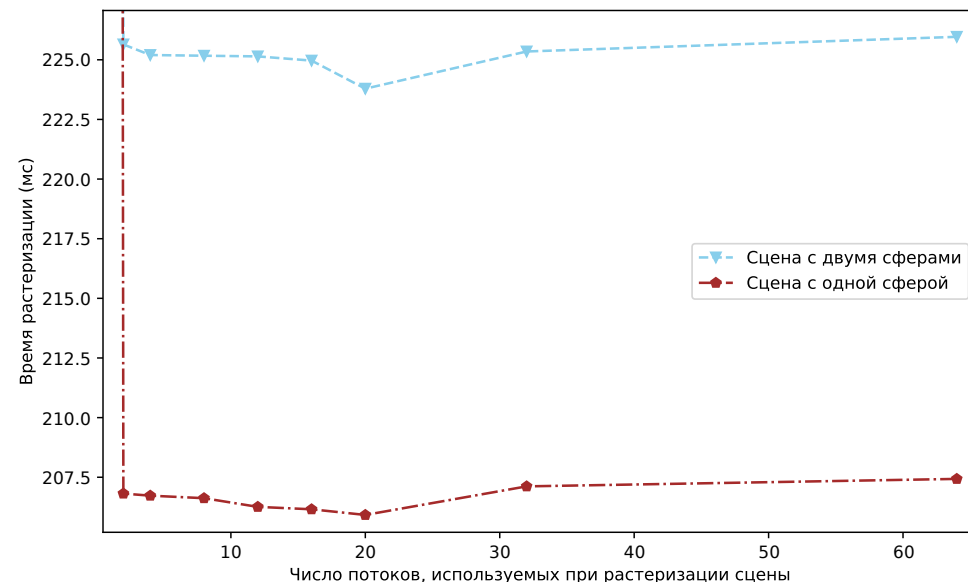
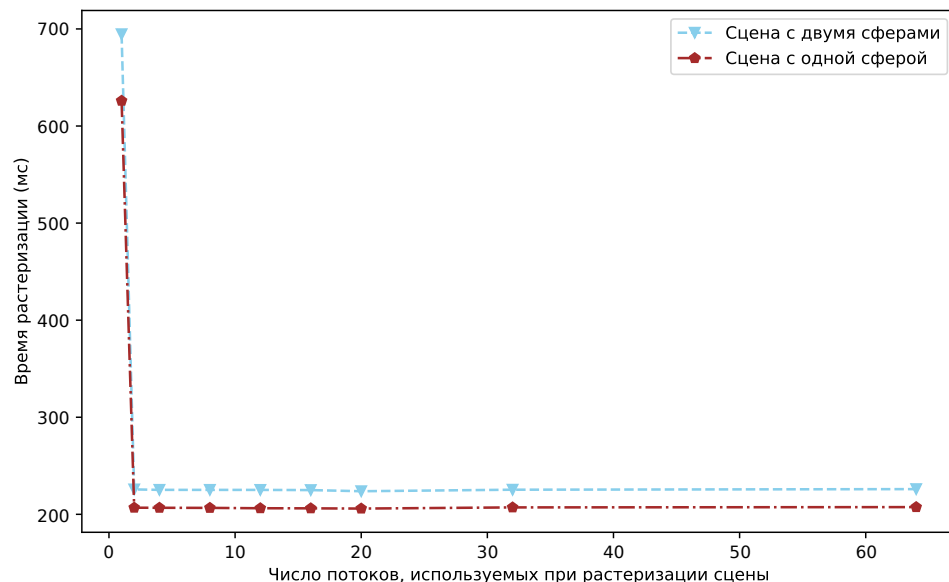


Изменение цветов отдельных фигур



Зеркальные стены, взаимное отражение при глубине рекурсии 4

Анализ времени генерации кадра



При увеличении числа сфер с 1 до 2 время генерации увеличилось на 8%.
Наибольшая эффективность достигается при числе потоков, совпадающих с
числом потоков процессора.

Заключение

В результате выполнения курсовой работы, было разработано программное обеспечение для визуализации сцен трехмерных объектов с изменяемыми параметрами.

В ходе выполнения проекта были выполнены все поставленные задачи:

- задача была формализована в виде IDEF0 диаграммы;
- проанализированы модели представления объекта;
- проанализированы существующие алгоритмы компьютерной графики: удаления невидимых линий и поверхностей, учета теней и освещения;
- спроектировано программное обеспечение;
- выбраны средства реализации и реализовано спроектированное программное обеспечение;
- исследована зависимость времени работы программы от числа потоков.