



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

# Метод наложения теней в дополненной реальности на основе информации о глубине точек кадра

**Студент: Малышев Иван Алексеевич, ИУ7-81Б**

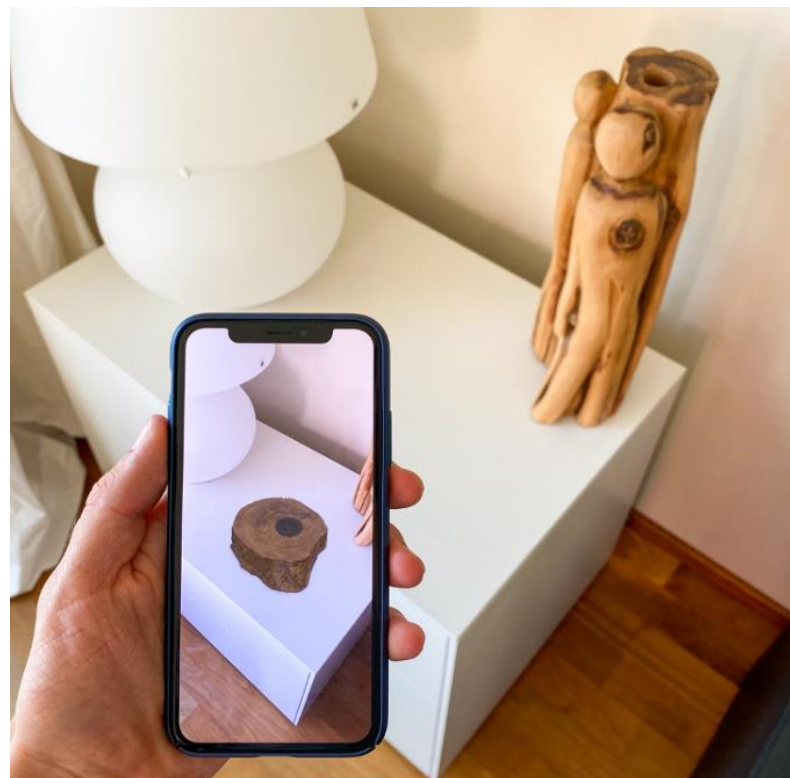
**Научный руководитель: Кивва Кирилл Андреевич**

Москва, 2023 г.

# Дополненная реальность

## Области применения:

- Медицина
- Построение анатомических моделей
- Образование
- Туризм и другое



Проблема: виртуальный объект не отбрасывает тень с учетом внешнего освещения или тень, отбрасываемая им, не учитывает геометрию окружения

# Цель и задачи

- **Цель:** разработать метод наложения теней в дополненной реальности.
- **Задачи:**
  - провести анализ предметной области наложения теней;
  - провести обзор существующих методов наложения теней в дополненной реальности на основе информации о глубине точек кадра и привести результаты сравнительного анализа;
  - разработать и описать собственный метод наложения теней в дополненной реальности на основе информации о глубине точек кадра, который будет вычислять положения источников света только в начале сессии или при необходимости;
  - разработать программное обеспечение, реализующее описанный метод, и проверить его работоспособность;
  - провести исследование результатов разработанного метода при проецировании теней от виртуального объекта на различные поверхности;
  - выполнить сравнение результатов работы реализованного метода с результатами, полученными с помощью существующих аналогов.

# Этапы наложения тени от виртуального объекта

- Отобразить реальные источники света в виртуальное окружение
- Учесть геометрию окружения при наложении тени

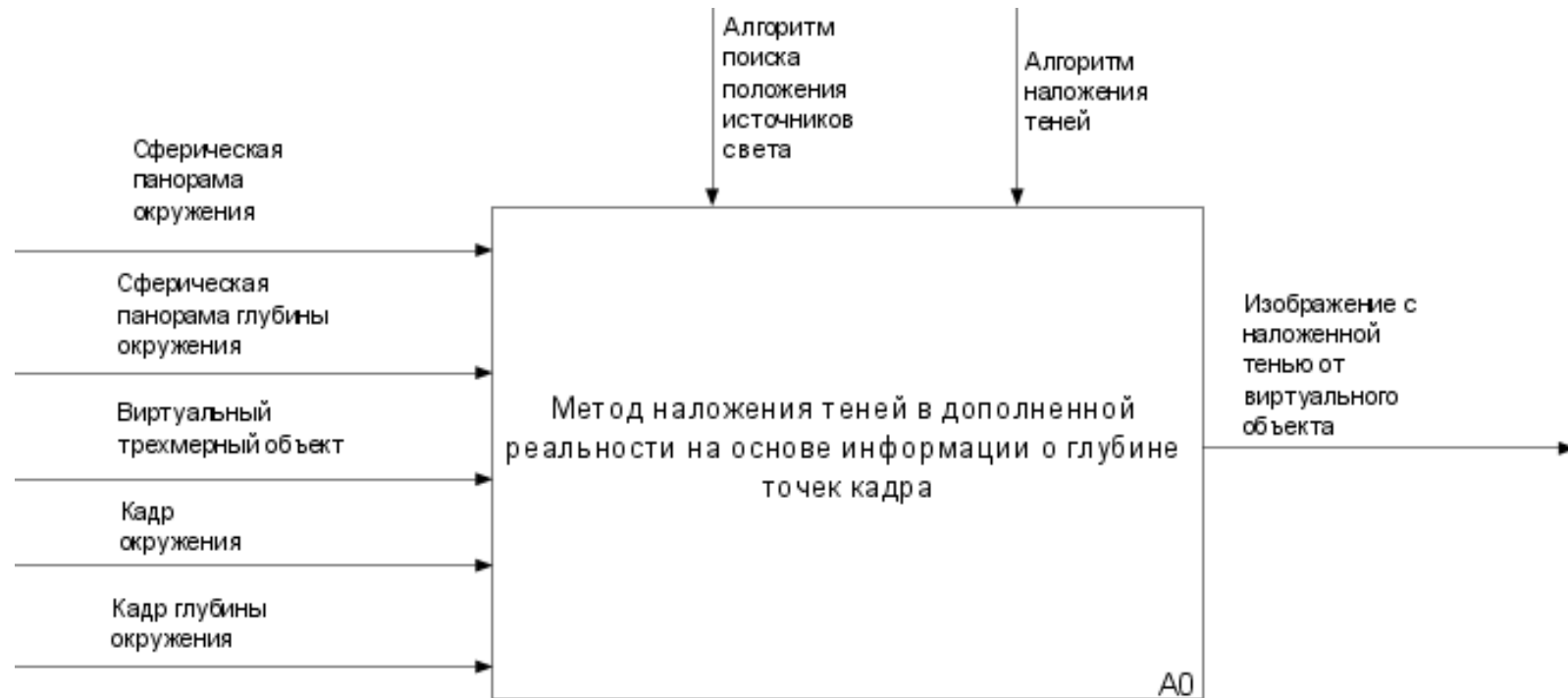
Существующие методы:

	Восстановление нескольких ИС	Работа метода в помещении	Работа метода вне помещения	Динамическая смена окружения	<b>Возможность не пересчитывать положение ИС без необходимости</b>
Метод на основе анализа контуров теней ИС	+	+	-	+	-
Метод на основе построения теневых объемов	-	-	+	+	-
Метод с использованием сверточных нейронных сетей и трассировки теневых лучей	+	+	-	+	-

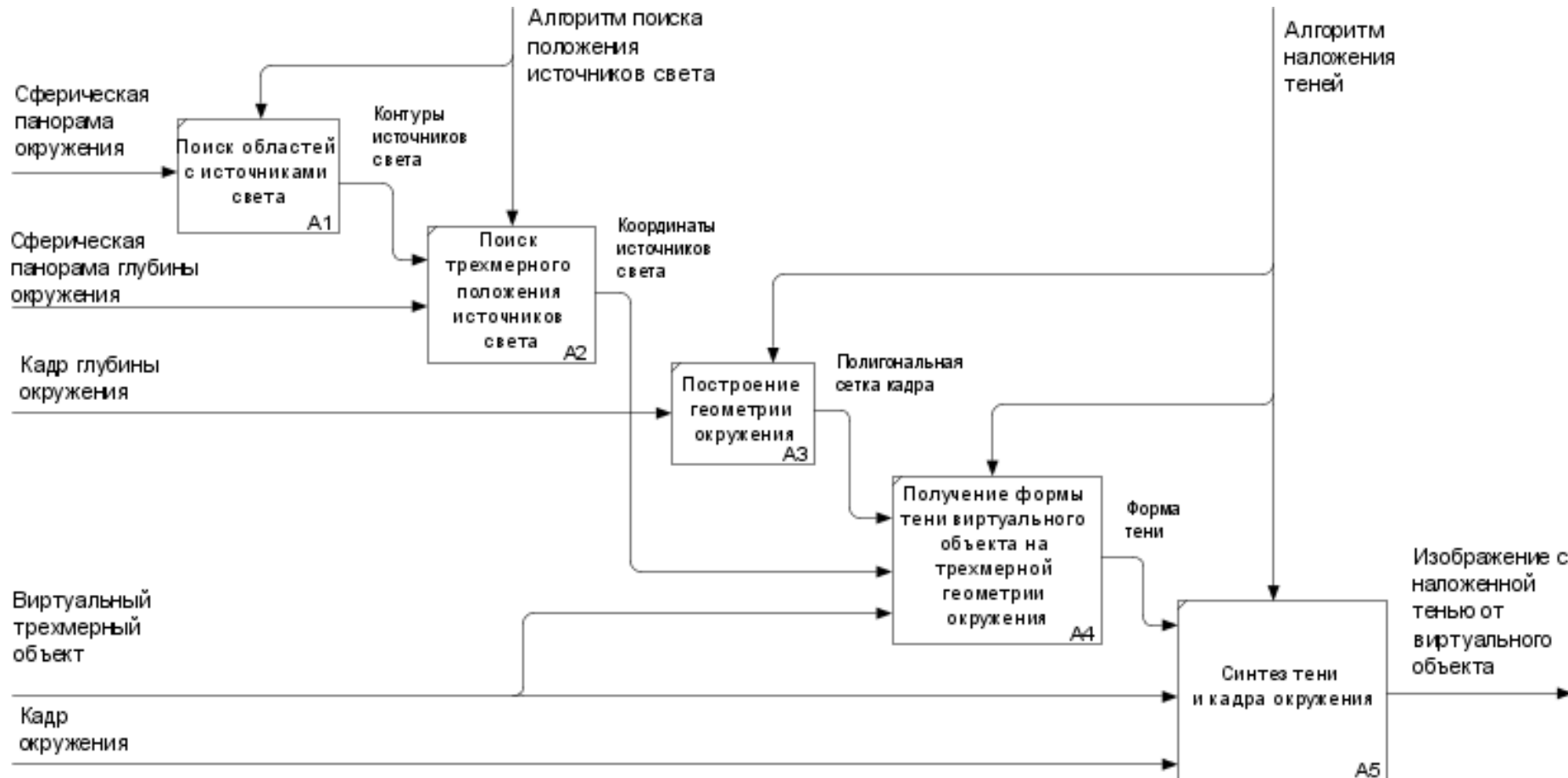
# Постановка задачи

## Ограничения:

- частота изменения системы освещения минимальна или равна нулю
- отношение максимального значения яркости к среднему значению яркости сферической панорамы окружения должно быть не менее 1.5
- любой источник света интерпретируется как точечный с белым свечением
- полигональная сетка окружения не учитывает свойства поверхности, такие как прозрачность и альбедо
- обе сферические панорамы должны иметь одинаковое разрешение



# Метод наложения теней в дополненной реальности

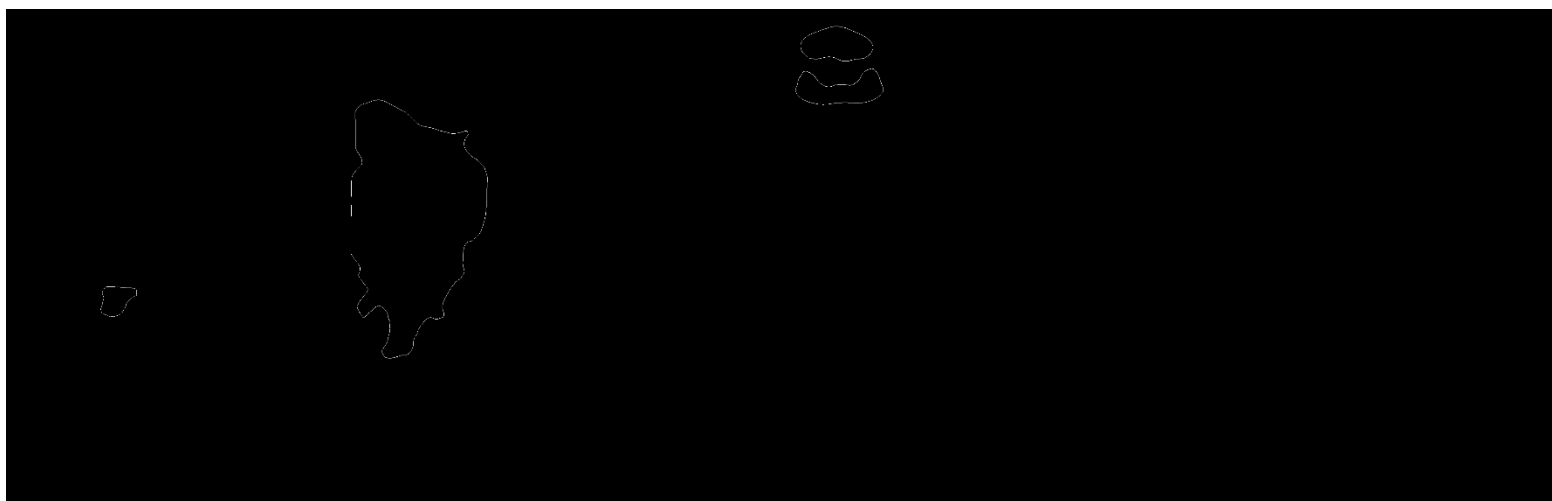
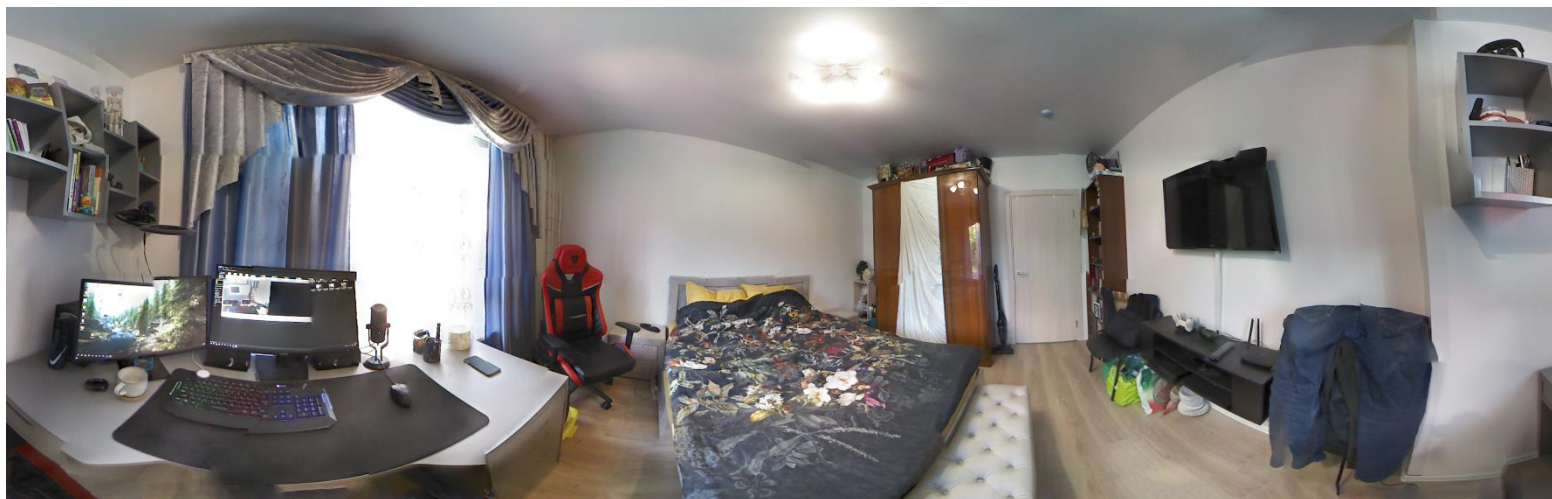


# Карта глубины

- Данные о глубине точек кадра
  - Структурированный свет
  - Стереокамера
  - Время полета (ToF)
  - Лидар (LiDAR)
- Построение тени
  - Теневая карта
  - Теневой объем
  - Обратная трассировка лучей



# Поиск областей с источниками света





# Поиск трехмерного положения источников света



$$\theta = 2\pi \times \frac{x_{pixel}}{width}$$

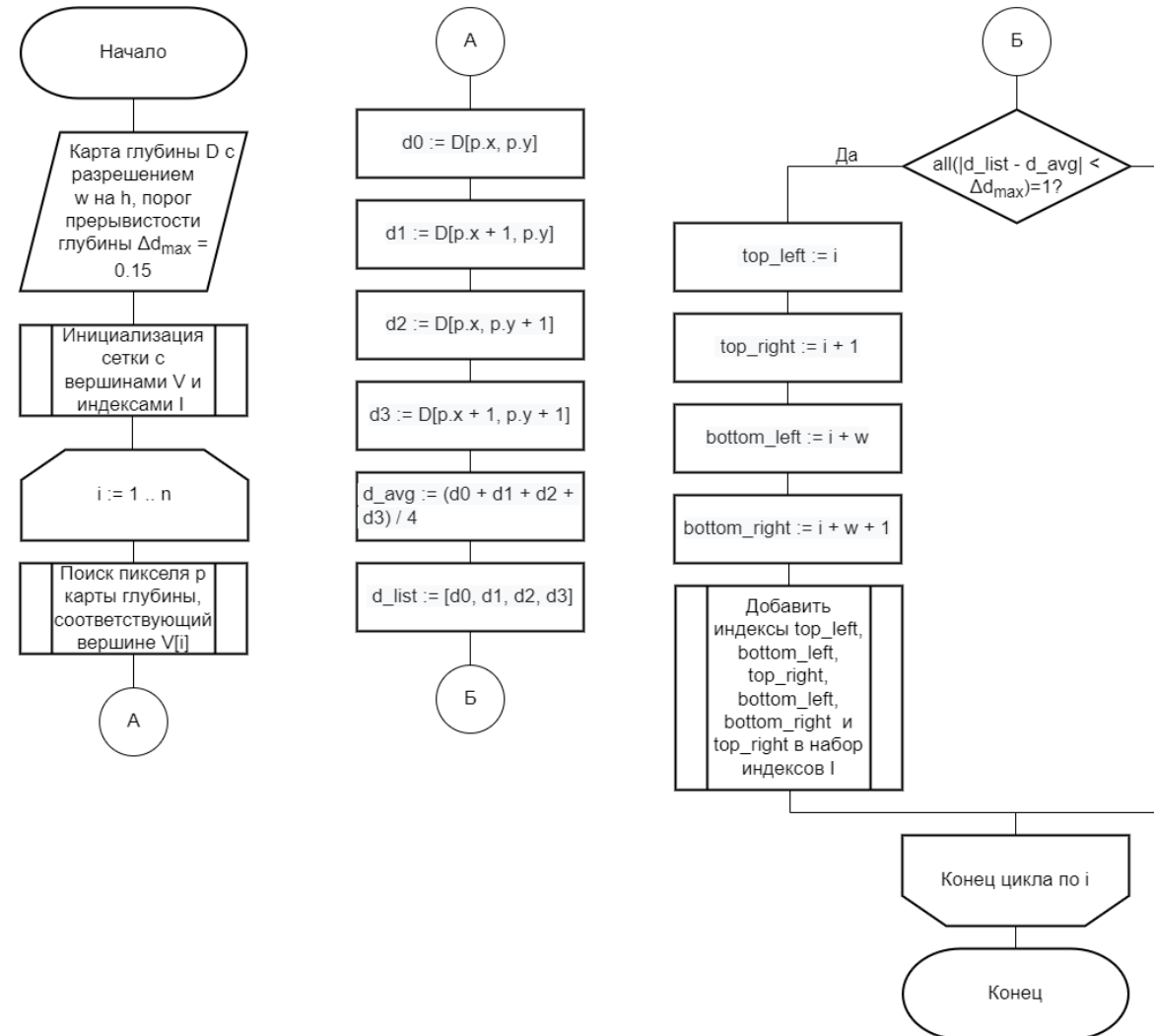
$$\varphi = \pi \times \frac{height - y_{pixel}}{height}$$

$$x = r \times \sin(\theta) \cos(\phi)$$

$$x = r \times \sin(\theta) \sin(\phi)$$

$$x = r \times \cos(\phi)$$

# Построение геометрии окружения



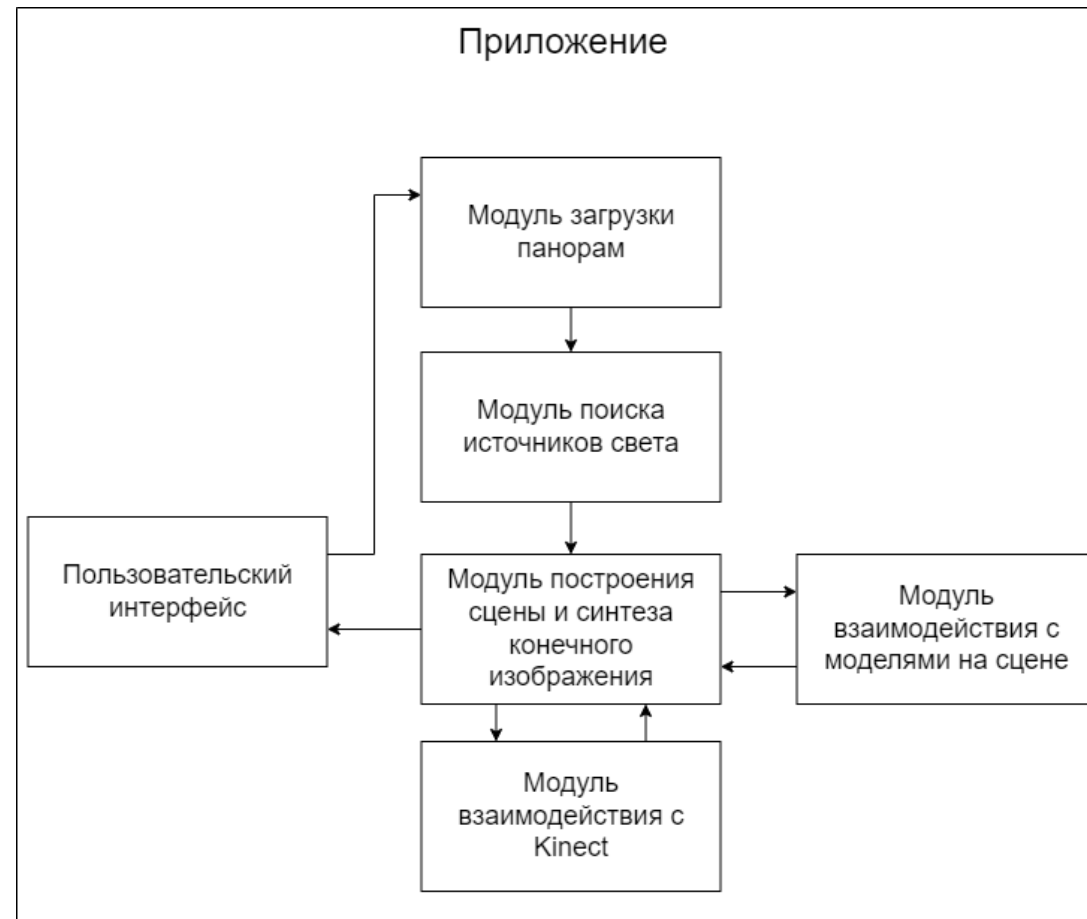




# Отрисовка теней



# Схема структуры разработанного приложения

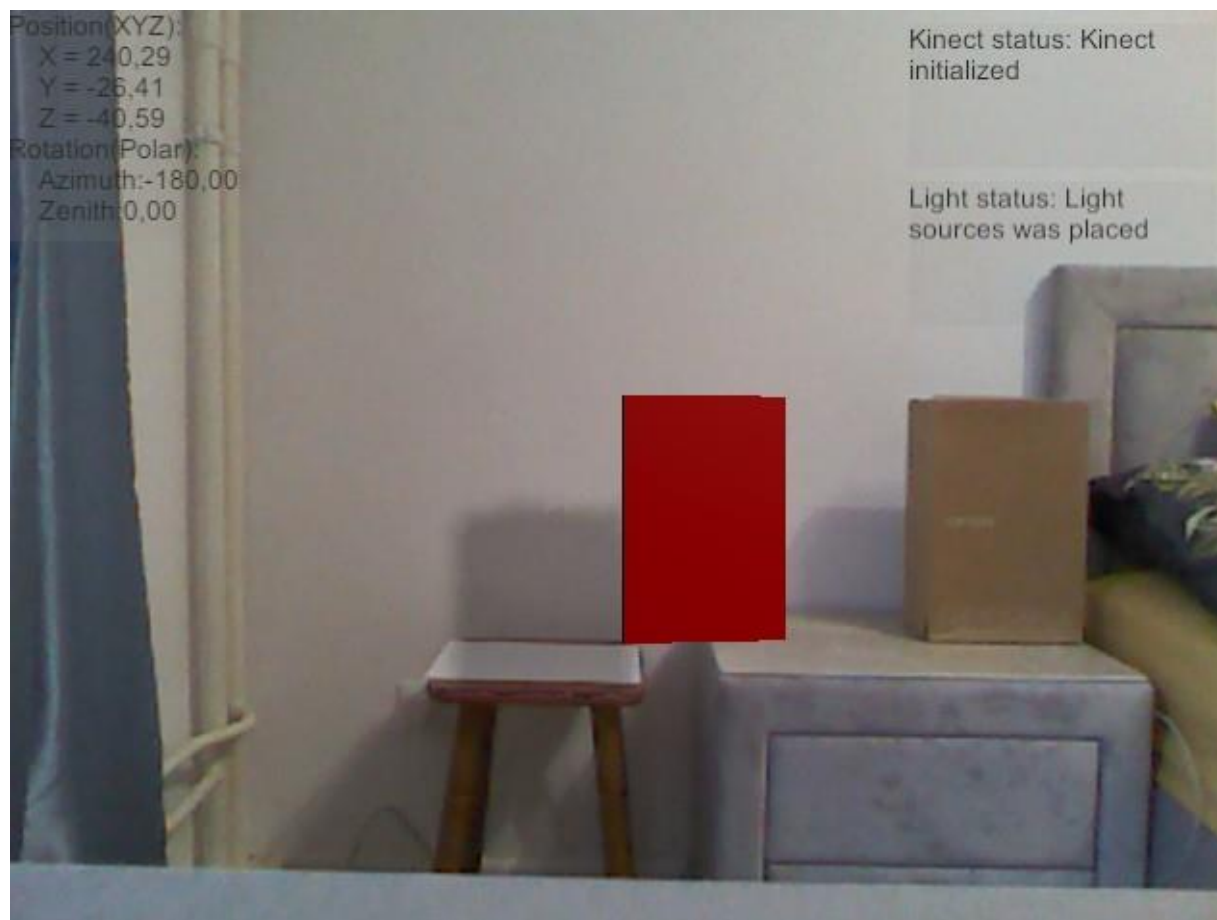


# Входные и выходные данные

Данные	Формат
Сферическая панорама окружения	Цветное изображение формата PNG с глубиной цвета 32 бит
Сферическая панорама глубины окружения	Изображение в оттенках серого формата PNG с глубиной цвета 64 бит
Виртуальный трехмерный объект	Файл формата prefab
Кадр окружения	Цветное изображение с разрешением 640 на 480 пикселей и глубиной цвета 32 бит
Кадр глубины окружения	Изображение в оттенках серого с разрешением 640 на 480 пикселей и глубиной цвета 64 бит

Выходные данные - цветное изображение с разрешением 640 на 480 пикселей и глубиной цвета 32 бит

# Демонстрация разработанного приложения



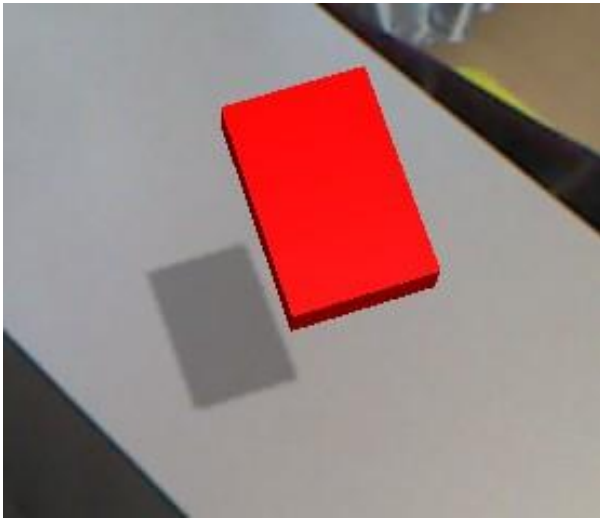


# Взаимодействие с пользователем

- Управление виртуальной камерой
  - Перемещение вдоль осей X, Y, Z
  - Поворот вверх, вниз, влево, вправо
- Управление моделями на сцене
  - Создание
  - Выбор
  - Удаление
  - Перемещение и поворот



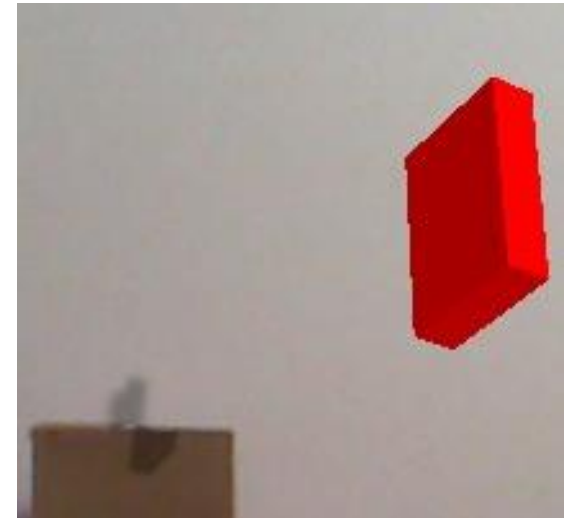
# Классификация поверхностей



Плоская поверхность



Неровная поверхность  
с высотными  
различиями, текстурой  
или рельефом



Поверхность с  
наличием объектов или  
препятствий

# Результаты исследования

Количество человек, участвовавших в опросе - 10

Тип поверхности	Средняя оценка
Плоская поверхность	4.3
Неровная поверхность	4.1
Поверхность с наличием объектов или препятствий	3.9

# Сравнение с аналогами

## Технические характеристики ПК:

- ЦПУ: Intel Core i7 4790K;
- ОЗУ: 16 Гб DDR3;
- ГПУ: Nvidia RTX 3070;
- ОС: Windows 10

Метод	Время определения положения ИС, мс
Метод на основе анализа контуров теней	32
Метод на основе построения теневых объемов	97
Метод с использованием сверточных нейронных сетей и трассировки теневых лучей	932
Разработанный метод	215

# Заключение

Цель работы достигнута: был разработан метод наложения теней в дополненной реальности на основе информации о глубине точек кадра.

В ходе выполнения работы были выполнены все задачи:

- Проведен анализ предметной области наложения теней;
- Проведен обзор существующих методов наложения теней в дополненной реальности на основе информации о глубине точек кадра и привести результаты сравнительного анализа;
- Разработан и описан собственный метод наложения теней в дополненной реальности на основе информации о глубине точек кадра, который будет вычислять положения источников света только в начале сессии или при необходимости;
- Разработано программное обеспечение, реализующее описанный метод, и проверена его работоспособность;
- Проведено исследование результатов разработанного метода при проецировании теней от виртуального объекта на различные поверхности;
- Выполнено сравнение результатов работы реализованного метода с результатами, полученными с помощью существующих аналогов.

# Развитие проекта

В качестве развития проекта можно предложить:

- реализацию автоматического определения ориентации камеры в пространстве
- определение типа источника света по характеру свечения (точечный, направленный и т. д.).