

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Институт №8 «Компьютерные науки и прикладная
математика»

Кафедра 806 «Вычислительная математика и
программирование»

Лабораторная работа №4 по курсу «Компьютерная графика»

Студент: Г. А. Ермаков
Преподаватель: В. Д. Бахарев
Группа: М8О-301Б-23
Дата:
Оценка:
Подпись:

Москва, 2025

Условие

Задача: В этой лабораторной работе вам предстоит реализовать технику наложения теней. Предстоит работа с рендерингом вне кадра “от лица” направленного источника света в текстуру глубины с использованием расширения Vulkan 1.2 Dynamic Rendering, а также работа с использованием данных о глубине сцены, чтобы создать эффект тени на поверхностях моделей.

1 Метод решения

Для реализации техники наложения теней (Shadow Mapping) были выполнены следующие шаги:

1 Создание карты теней

Была создана текстура глубины, в которую будет производиться рендеринг сцены с точки зрения источника света.

- Формат изображения: `VK_FORMAT_D32_SFLOAT`.
- Использование: `VK_IMAGE_USAGE_DEPTH_STENCIL_ATTACHMENT_BIT | VK_IMAGE_USAGE_SAMPLED_BIT`.
- Создан сэмплер с поддержкой сравнения глубины (`VK_COMPARE_OP_LESS_OR_EQUAL`) для реализации PCF (Percentage Closer Filtering).

2 Проход рендеринга теней (Shadow Pass)

Реализован отдельный проход рендеринга (`VkRenderPass`) для заполнения карты теней.

- Используется только `attachment` глубины, запись цвета отключена.
- Графический конвейер (`shadow_pipeline`) настроен на использование только вершинного шейдера (`shadow.vert`) для трансформации вершин в пространство света.
- Включен `depthTestEnable` и `depthWriteEnable`.
- `cullMode` установлен в `VK_CULL_MODE_FRONT_BIT` (или настроен соответственно) для устранения артефактов "peter panning".

3 Использование карты теней

В основном проходе рендеринга карта теней передается во фрагментный шейдер (`shader.frag`) через дескриптор.

- Вершинный шейдер вычисляет позицию фрагмента в пространстве света (`fragPosLightSpace`).
- Во фрагментном шейдере реализована функция `ShadowCalculation`:
 - Выполняется перспективное деление.

- Применяется смещение (bias) для устранения артефактов "теневого ряби" (Shadow Acne), зависящее от угла падения света.
- Реализована фильтрация PCF: выборка производится из окрестности текущего фрагмента (ядро 3x3), результаты усредняются для получения мягких краев тени.
- Итоговое значение освещенности (diffuse и specular) умножается на коэффициент (1.0 - shadow).

4 Интеграция

Код рендеринга карты теней (`renderShadowMap`) выполняется перед основным рендерингом сцены в каждом кадре. Реализована корректная синхронизация ресурсов (Subpass Dependencies) для обеспечения завершения записи в карту теней перед её чтением в основном проходе.

2 Результаты

В ходе выполнения лабораторной работы была успешно реализована техника Shadow Mapping.

Основные достижения:

- Реализован рендеринг сцены в текстуру глубины с позиции источника света (Off-screen rendering).
- Настроен графический конвейер Vulkan для генерации карты теней.
- Внедрена техника PCF (Percentage Closer Filtering) для сглаживания краев теней.
- Реализован механизм Shadow Bias для устранения визуальных артефактов самозатенения.
- Тени корректно накладываются на объекты сцены, учитывая их взаимное расположение и направление света.

Полученная программа позволяет визуализировать 3D-сцену с динамическими тенями от направленного источника света, что значительно повышает реалистичность изображения.

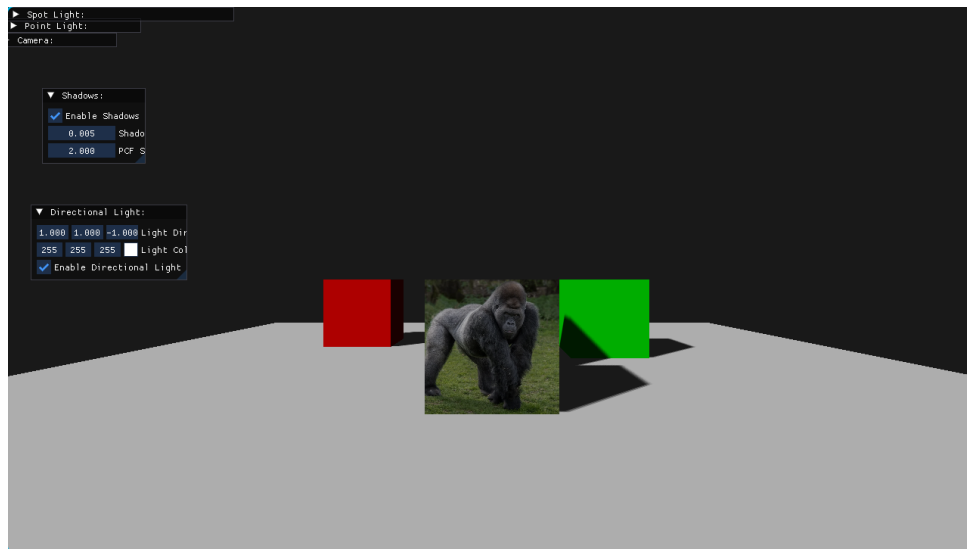


Рис. 1: Демонстрация работы программы: наложение теней

1 Выводы

В результате выполнения лабораторной работы была успешно реализована техника Shadow Mapping для создания реалистичных теней в 3D-сцене. Реализованное решение демонстрирует корректную работу алгоритма: тени правильно накладываются на объекты, учитывая их взаимное расположение и направление света. Применение техники PCF позволило получить мягкие края теней, что улучшает визуальное качество изображения. Использование Shadow Bias устранило артефакты самозатенения, обеспечив стабильную работу алгоритма.

Реализованная система может быть использована для создания более реалистичных визуализаций в приложениях компьютерной графики, работающих на платформе Vulkan.

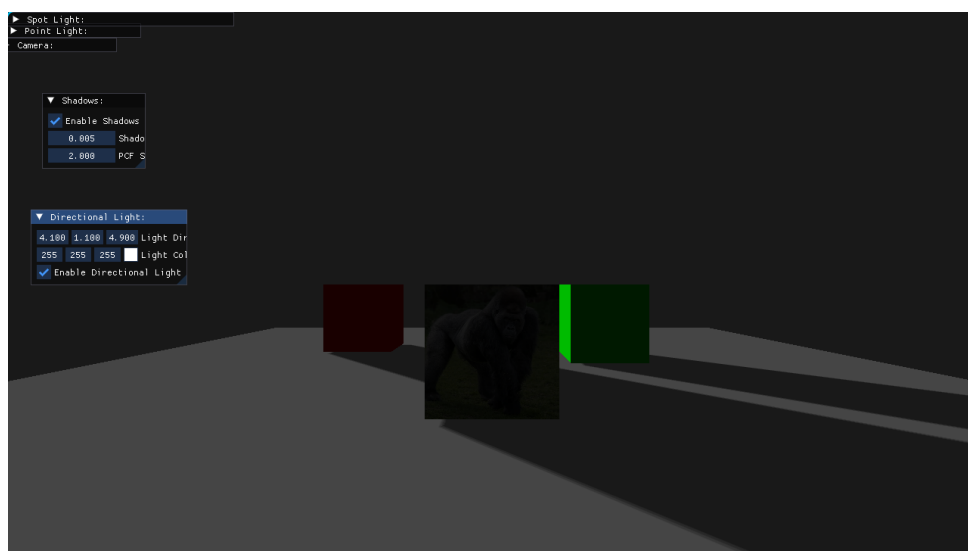


Рис. 2: Демонстрация работы программы: визуализация теней