

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”**

Тени

Выполнил: К. А. Арусланов
Группа: М8О-303Б-23
Преподаватель: В. Д. Бахарев

Москва, 2025

Условие

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.

Необходимо:

- Подготовить матрицу проекции для направленного источника света
- Подготовить текстуру глубины, куда будет производиться рендеринг сцены “от лица” направленного источника освещения
- Использовать расширение Vulkan Dynamic Rendering (`vkCmdBeginRendering`, `vkCmdEndRendering`) для рисования сцены в текстуру глубины
- Приготовить объект сэмплера с поддержкой сравнения значений (или реализовать PCF фильтрацию самому в фрагментном шейдере без поддержки сэмплером сравнения референсных значений)
- Использование текстуры и специального сэмплера в фрагментном шейдере для получения информации о глубине для последующего затенения пикселей в модели Блинна-Фонга
- Используйте код предыдущей лабораторной работы, чтобы получилось показать в работе все изученные техники: освещение по модели Блинна-Фонга, наложение текстур и тени!

Метод решения

В работе реализован метод построения теней на основе карты глубины (shadow mapping). На первом этапе сцена рендерится с точки зрения направленного источника света с использованием ортографической проекции, что соответствует модели параллельных лучей. Для этого формируется матрица `light_view_projection`, получаемая как произведение матрицы вида источника света (`LookAt`) и ортографической матрицы проекции. В результате в текстуру глубины записываются значения расстояний до ближайших поверхностей от источника света.

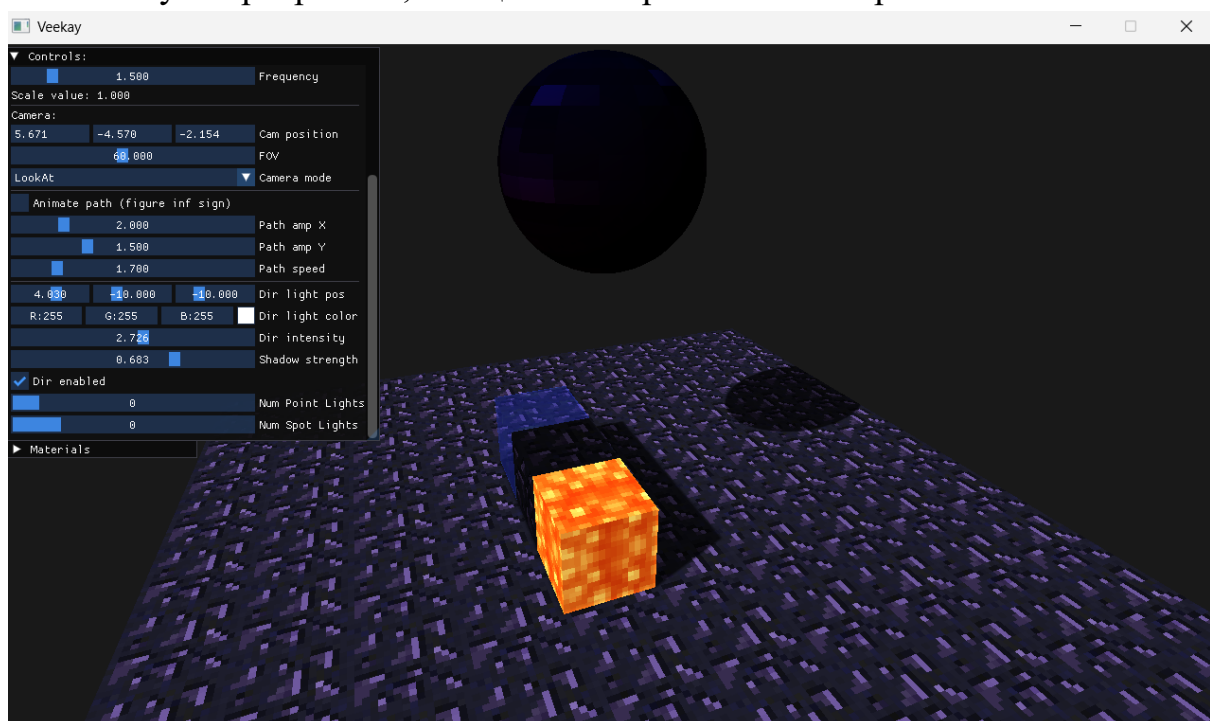
На втором этапе сцена рендерится из позиции камеры наблюдателя. Вершины дополнительно трансформируются в пространство источника

света, и во фрагментном шейдере выполняется сравнение глубины текущего фрагмента с соответствующим значением из карты глубины. Для сглаживания границ теней применяется метод PCF (Percentage Closer Filtering), основанный на усреднении нескольких сравнений глубины в окрестности текущего фрагмента. Полученный коэффициент тени используется для ослабления вклада направленного источника света при вычислении освещения по модели Блинна–Фонга.

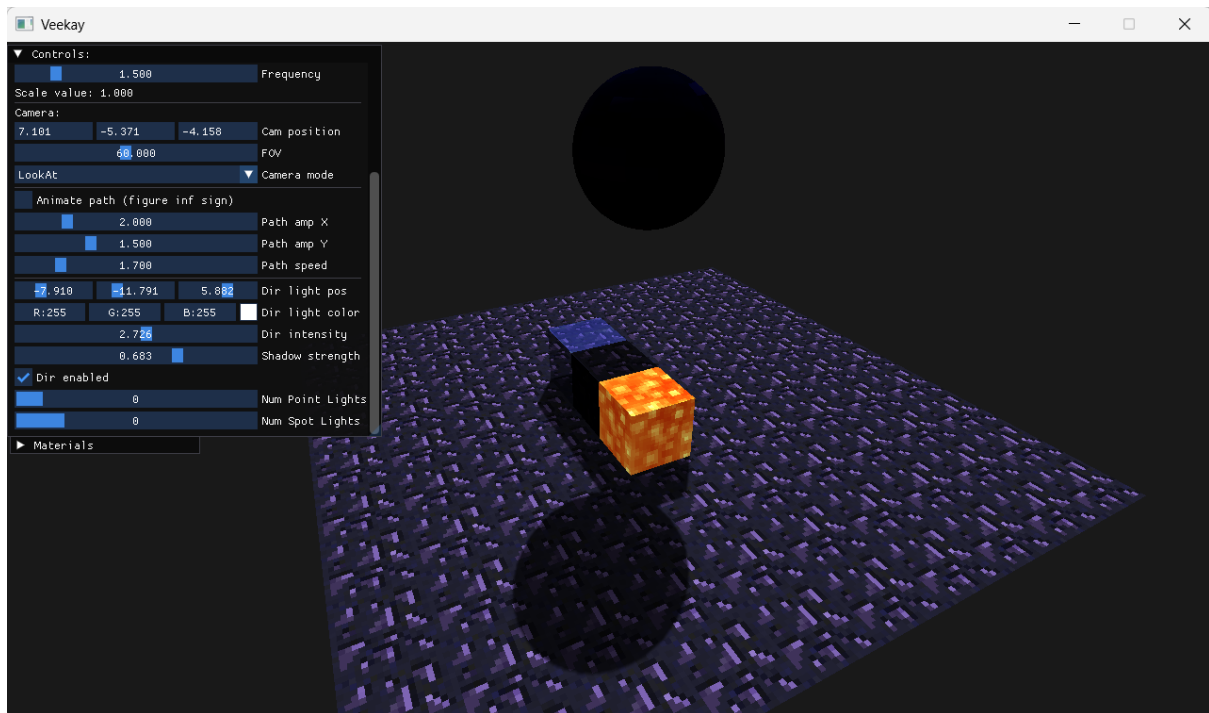
Все этапы рендеринга реализованы с использованием классической схемы Vulkan, включающей `VkRenderPass` и `VkFramebuffer`. Динамический рендеринг не использовался, поскольку аппаратная платформа не поддерживает соответствующее расширение.

Результаты

Запуск программы, на сцене четыре объекта отбрасывают тень



Немного изменим положение направленного источника света



Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены и реализованы основные принципы построения теней методом карты глубины (shadow mapping) с использованием графического API Vulkan. В процессе работы были приобретены практические навыки создания и использования текстуры глубины, настройки render pass и framebuffer, работы с матрицами вида и ортографической проекции для направленного источника света, а также реализации вычисления теней и сглаживания их границ в вершинных и фрагментных шейдерах. Полученные знания позволили углубить понимание многоэтапного рендеринга и взаимодействия между CPU- и GPU-частями графического конвейера.