

Задание №3

Целью работы является расчёт и визуализация динамических теней от объектов, отбрасываемых на плоскость (по желанию, также на другие объекты).

Требуется разработать программу, демонстрирующую тот же набор из трех предметов, который был выбран для вашего варианта задания №2, с сохранением их свойств материалов. Эти предметы следует расположить на плоскости или над плоскостью. Дополнительно сами объекты и плоскость можно текстурировать.

В сцене должен присутствовать один источник освещения, меняющий местоположение, при этом требуется рассчитывать и отображать тени, которые объекты отбрасывают на плоскость, на/над которой они находятся.

Реализовать тени можно разными способами, один из которых – использование карты теней (shadow mapping).

Первый шаг алгоритма - рендеринг сцены с точки зрения источника света в текстуру, называемую картой глубины или теневой картой (Depth Map). Эта текстура глубины (карта теней, теней) записывает информацию о глубине (расстоянии от источника света) каждого видимого объекта в сцене. Текстура глубины должна быть привязана к Framebuffer Object (FBO), который создается перед первым проходом алгоритма. Далее производится первый проход - отрисовка (рендеринг) сцены с использованием ортогографической или перспективной матрицы проекции, исходящей от источника света.

Затем осуществляется рендеринг основной сцены с точки зрения камеры, используя ранее созданную карту глубины для определения теневых областей. При рендеринге сцены для каждого фрагмента (пикселя) вычисляется его глубина с точки зрения камеры. Затем сравнивается эта глубина с соответствующим значением глубины из карты глубины (преобразованной в пространство камеры). Если глубина фрагмента больше, чем значение в карте глубины, фрагмент находится в тени.

В этом способе отрисовки теней также используются шейдеры: в вершинном шейдере нужно передавать позиции вершин как в пространство камеры, так и в пространство света. Фрагментный шейдер затем использует эту информацию для определения, находится ли фрагмент в тени. Дополнительно можно реализовать сглаживание, чтобы тени не выглядели резкими

Описание подхода:

<https://learnopengl.com/Advanced-Lighting/Shadows/Shadow-Mapping>
[Tutorial 16 : Shadow mapping \(opengl-tutorial.org\)](#)

Пример. В сцене заданы непрозрачная сфера и куб, на грань которого сфера будет отбрасывать тень.

Алгоритм создания карты теней (shadow_map) и рендеринга.

1. Расчёт вектора света:

```
light_vx = camera[0] + 30 * np.cos(camera[3]) - light_camera[0]
```

```
light_vy = -light_camera[1]
```

```
light_vz = camera[2] + 30 * np.sin(camera[3]) - light_camera[2]
```

```
light_vector = np.asarray([light_vx, light_vy, light_vz])
```

Здесь рассчитывается направление вектора света от камеры к источнику света.

2. Проекция точек:

```
for model in Model._registry:
```

```
    project_points(model.shadow_points, light_camera, shadow_mod=0.01 * lenght)
```

В этом фрагменте проецируются точки модели в 2D пространство с учётом положения камеры света.

3. Рендеринг карты теней:

```
for model in Model._registry:
```

```
    render_shadow_map(
```

```
        model.shadow_points, model.triangles, light_camera, shadow_map
```

```
    )
```

Здесь вызывается функция **render_shadow_map**, которая рендерит карту теней.

4. Рендеринг сцены с учётом теней:

```
for model in Model._registry:
```

```
    draw_model(
```

```
        frame,
```

```
        model.points,
```

```
        model.triangles,
```

```
        camera,
```

```
        light_camera,
```

```
        z_buffer,
```

```
        model.textured,
```

```
        model.texture_uv,
```

```
        model.texture_map,
```

```
        model.texture,
```

```
        model.shadow_points,
```

```
        shadow_map,
```

```
    )
```

В функции **draw_model** происходит рендеринг всей сцены, с учётом карты теней для определения, находится ли точка модели в тени.

5. Проверка теней и освещение:

```
if point[2] > shadow_map[lx][ly]:
```

```
    shade2 = min(
```

```
        0.9,
```

```
        2.5 / np.sum(
```

```
            point[2]
```

```
            > shadow_map[lx - 1 : lx + 1, ly - 1 : ly + 1]
```

```
        ),
```

```
    )
```

Этот фрагмент проверяет, находится ли точка в тени, сравнивая её глубину с соответствующим значением в карте теней.

Результаты: тень, отбрасываемая сферой на грань куба:

