

Визуализация природных ландшафтов и средневекового поселения на Unreal Engine 5

Студент: Колыхалов Д. В. РК6-84Б

Научный руководитель: Витюков Ф. А.



Введение

В современном мире 3D сцены с рендерингом на Unreal Engine используются в различных сферах, например кинематографе, архитектурных проектах, телевидении, авиационных тренажёрах. Основной проблемой при создании таких сцен является поиск баланса между детализацией самой сцены и оптимизацией 3D моделей и ландшафта для возможности рендеринга в реальном времени.

Актуальность работы заключается в следующем:

1. Созданные 3D сцены с рендерингом на Unreal Engine используются в различных сферах;
2. Разработка собственного материала ландшафта позволяет полностью автоматизировать возможность нанесения материала на слои ландшафта;
3. Моделирование средневекового поселения способствует сохранению и популяризации культурного наследия, позволяя пользователю погрузиться в атмосферу прошлого средствами интерактивных технологий;
4. Работа охватывает сразу несколько направлений: моделирование окружающей среды, дизайн архитектурных объектов, создание анимаций и механик персонажей, что отражает современные требования к специалистам в цифровом производстве;
5. Разработанные сцены могут быть использованы для будущих приложений в сферах виртуальной и дополненной реальностях;

6. Финансирование исторических проектов Институтом Развития Интернета от лица государства.



Рисунок 1 – Исторический проект СМУТА

Постановка задачи

Цель работы: Создание сцен с природным ландшафтом и средневековым поселением на Unreal Engine 5.

Задачи:

1. Создать детализированный природный ландшафт: сгенерировать полигональную сетку карты высот и разработать материал ландшафта;
2. Заполнить ландшафт различными природными объектами;
3. Создать ландшафт большого размера и средневековое поселение: создать и корректно разместить объекты, разработать материалы;
4. Настроить освещение и провести оптимизацию производительности;
5. Создать анимированных персонажей окружения;
6. Разработать боевую систему для пользователя и персонажей окружения.

Создание ландшафта

Для генерации ландшафта было использовано приложение GAEA, которое использует специальные математические алгоритмы и модели, основанные на фракталах, эрозиях и шумах.

1. Шум Перлина – фрактальный алгоритм, задающий базовую форму ландшафта

$$P(x, y) = \sum_{i=0}^n a_i \cdot \text{interp}(g_i(x, y)),$$

где $P(x, y)$ – высота в точке (x, y) ; a_i – амплитуда шума на i -м уровне; $g_i(x, y)$ – сетка случайных значений; interp – функция интерполяции (билинейная).

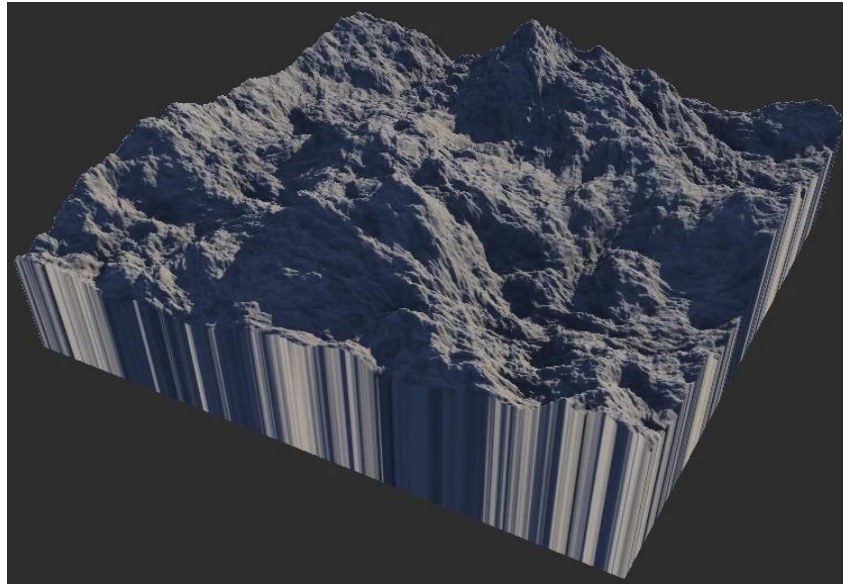


Рисунок 2 - Полученная первоначальная форма ландшафта

2. Термическая эрозия моделирует осыпание почвы и выравнивание крутых склонов.

$$\Delta h = k_i \cdot (h_i - h_j), h_i > h_j,$$

где Δh – изменение высоты; k_i – коэффициент эрозии; h_i, h_j – высота соседних точек.

3. Гидравлическая эрозия моделирует потоки воды, вымывающие почву.

$$h' = h - k_h \cdot \omega \cdot \nabla h,$$

где h' – новая высота после эрозии; k_h – коэффициент гидравлической эрозии; ω – объем воды; ∇h – градиент высоты (скорость потока воды).

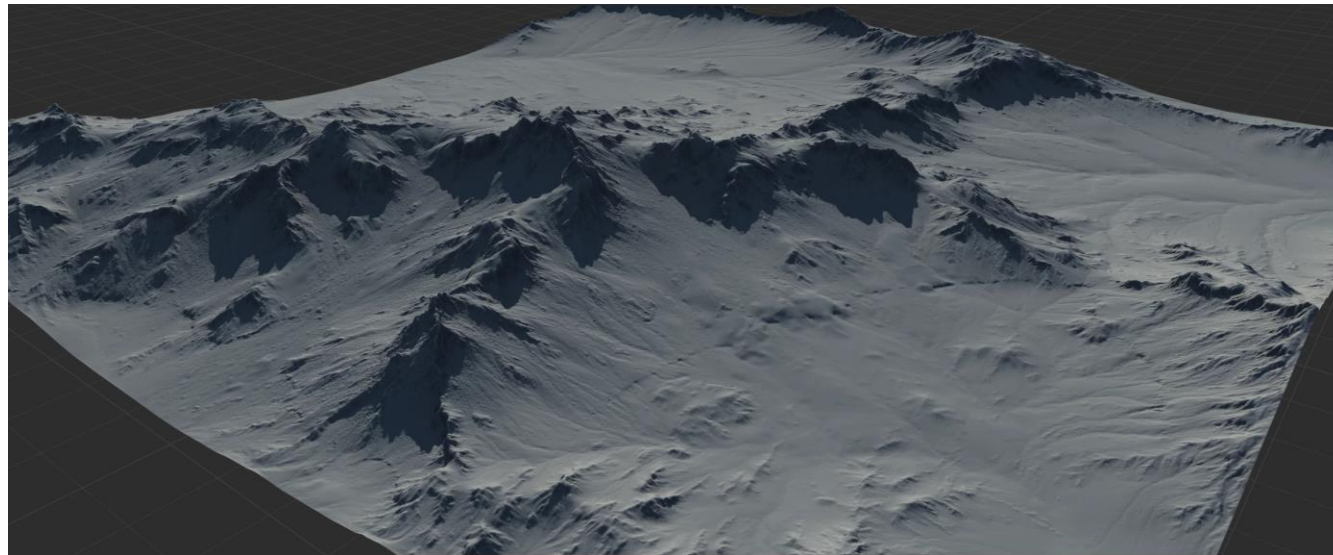


Рисунок 3 - Измененная форма ландшафта после термической и гидравлической эрозий

Создание материала ландшафта

Задача создания материала ландшафта заключалась в следующих этапах:

1. Создание отдельных материалов для определенного слоя ландшафта;
2. Использование высоты ландшафта для корректного определения позиционирования отдельного материала слоя ландшафта;
3. Возможность быстрого редактирования параметров материала;
4. Оптимизация сложности шейдеров (shader complexity).

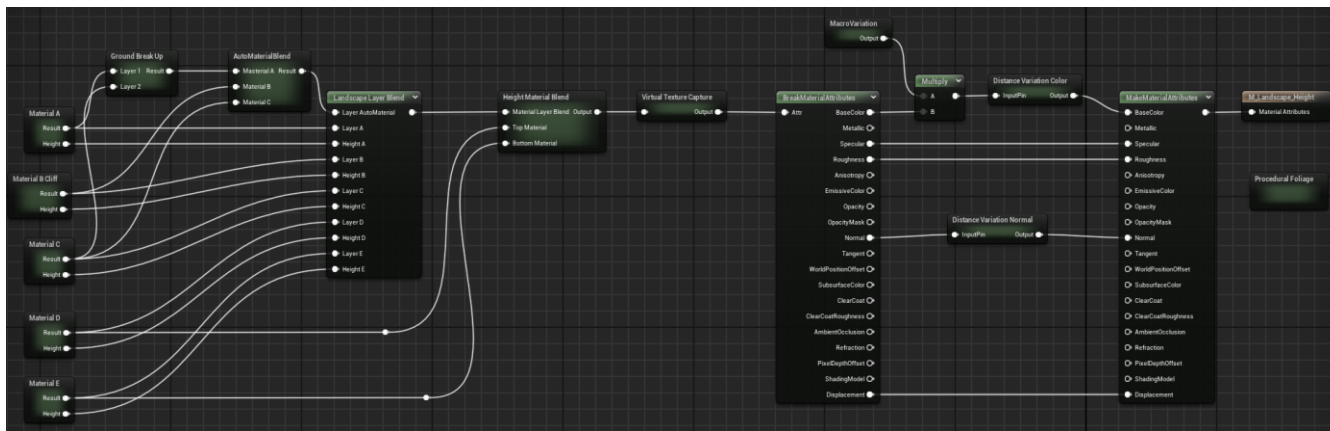


Рисунок 4 - Созданный материал ландшафта

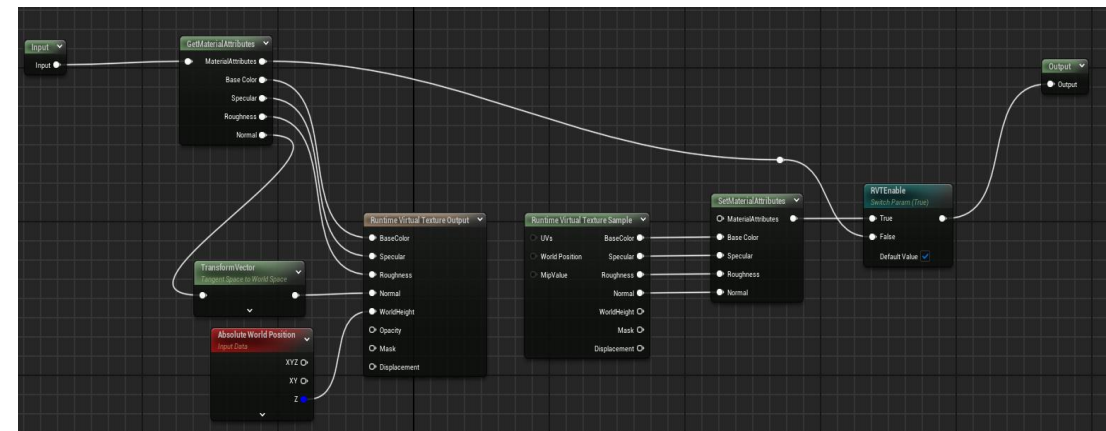


Рисунок 5 – Функция виртуального текстурирования

Растительность

Для добавления растительности движок Unreal Engine имеет специальный инструмент, Foliage mode, который основан на следующих методах:

1. Распределение объектов (Poisson Disk Sampling) используется для равномерного распределения объектов растительности без пересечений.

$$d(p_i, p_j) \geq r, \quad \forall i, j, i \neq j,$$

где p_i, p_j – координаты точек распределения объектов; $d(p_i, p_j)$ – расстояние между двумя точками;

r – минимальное расстояние между объектами.

2. Гармонический осциллятор используется для анимации растительности под воздействием ветра.

$$x(t) = A \cdot e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \phi),$$

где $x(t)$ – смещение объекта в момент времени t ; A – начальная амплитуда; γ – коэффициент затухания; ω – частота колебаний; ϕ – фазовый сдвиг.

3. Рассеивание света (Subsurface Scattering (SSS)) используется для пропуска части света через листву.

$$L_o(p, \omega_o) = \int_{\Omega} R_s(p, \omega_i, \omega_o) \cdot L_i(p, \omega_i) \cdot (\mathbf{n} \cdot \omega_i) d\omega_i,$$

где L_i, L_o – входящий и выходящий свет; Ω – сфера направлений, откуда может приходить свет ω_i ; R_s – функция рассеивания; p – точка на поверхности; ω_i, ω_o – входящее и исходящее направления света; \mathbf{n} – нормаль поверхности.



Рисунок 6 - Рассеивание света

Водные объекты

1. Спекулярное отражение (модель Фонга)

$$I_{spec} = k_s(\mathbf{R} \cdot \mathbf{V})^n,$$

где k_s – коэффициент зеркального отражения; \mathbf{R} – отраженный вектор света; \mathbf{V} – вектор к камере (нормализованный); n – степень блеска (чем выше, тем острее блик).

2. Эффект Френеля – реалистичное смешивание отражения и преломления.

$$F(\theta) = F_0 + (1 - F_0)(1 - \cos \theta)^5,$$

где θ – угол между направлением взгляда и нормалью поверхности; F_0 – отражение при нормальном падении ($\theta = 0$).

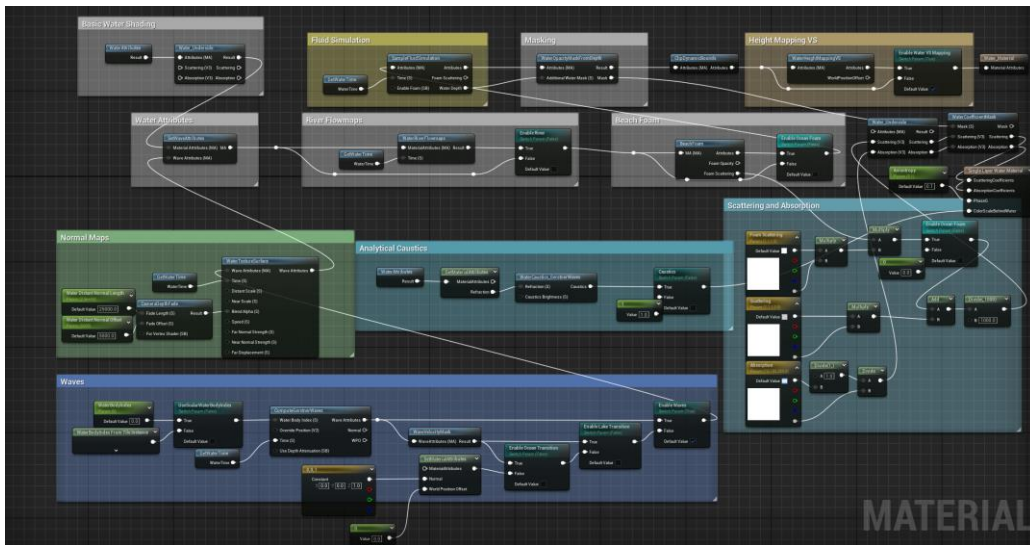


Рисунок 7 - Материал водного объекта



Рисунок 8 - Водный объект

Процедурная генерация

Задача создания процедурной генерации заключалась в следующих этапах:

1. Получение данных о ландшафте;
2. Рандомизация появляющихся объектов;
3. Получении информации о внутренней генерации;
4. Выбор и добавление объектов генерации.

$$H(x, y) = f(x, y) + g(x, y),$$

где $f(x, y)$ - базовое расположение точки; $g(x, y)$ - шум, добавляющий детали.

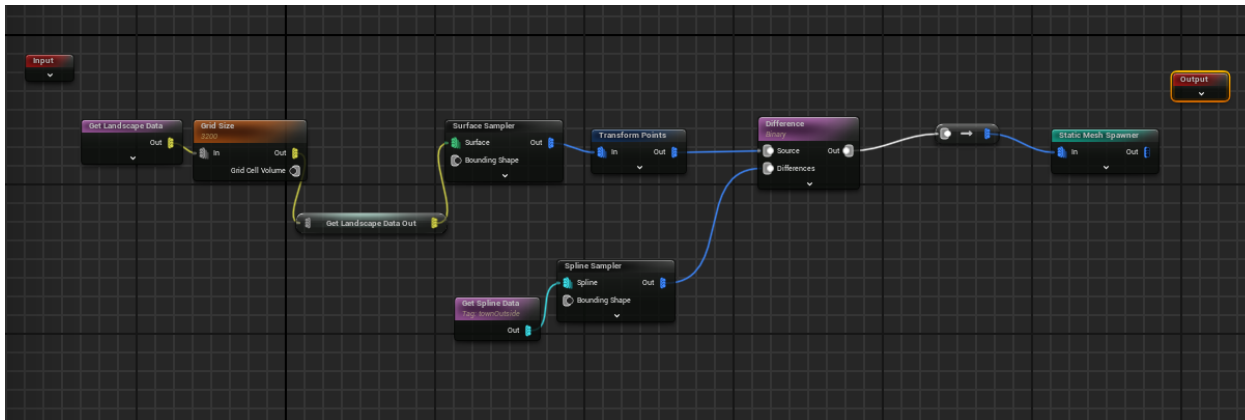


Рисунок 9 - Граф внешней процедурной генерации леса

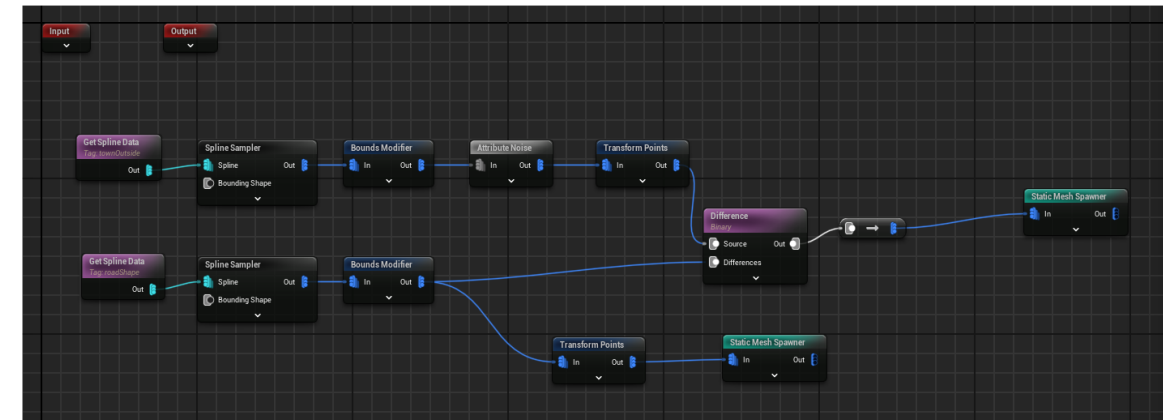


Рисунок 10 - Граф внутренней процедурной генерации

Средневековое поселение

Для создания средневекового поселения были выделены следующие участки:

1. Жилая зона;
2. Зона торговли;
3. Зона скотоводства и земледелия.



Рисунок 11 - 3D модели жилой зоны



Рисунок 12 - 3D модели торговой зоны



Рисунок 13 - 3D модели зоны скотоводства

Настройка освещения сцены

Движок Unreal Engine имеет обязательные компоненты сцены для настройки освещения.

1. Направленный свет (DirectionalLight);
2. Туман (ExponentialHeightFog);
3. Атмосфера неба (SkyAtmosphere);
4. Небесный свет (SkyLight).

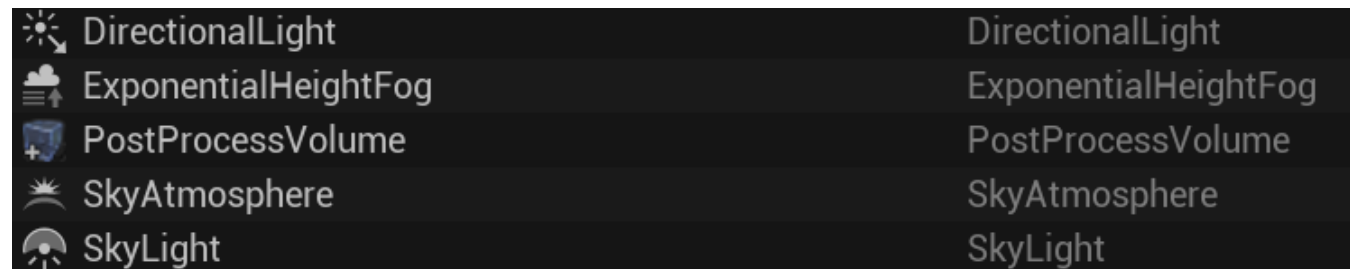


Рисунок 14 - Компоненты освещения сцены

Оптимизация

Для решения проблемы оптимизации используется метод уровней детализации (LOD), который основан на уменьшении количества полигонов 3D объекта.

Таблица 1 - Сравнение производительности разных LOD

LOD	Кол-во треугольников	FPS
0	3,039,796	12
1	2,309,645	14
2	1,022,547	25
3	954,495	30
4	96,289	60

Персонаж окружения

Для реализации персонажа окружения было создано дерево поведения со следующими возможностями:

1. Find Random Location – поиск случайной;
2. Find Player Location – поиск главного персонажа;
3. Chasing Player – преследование главного персонажа.

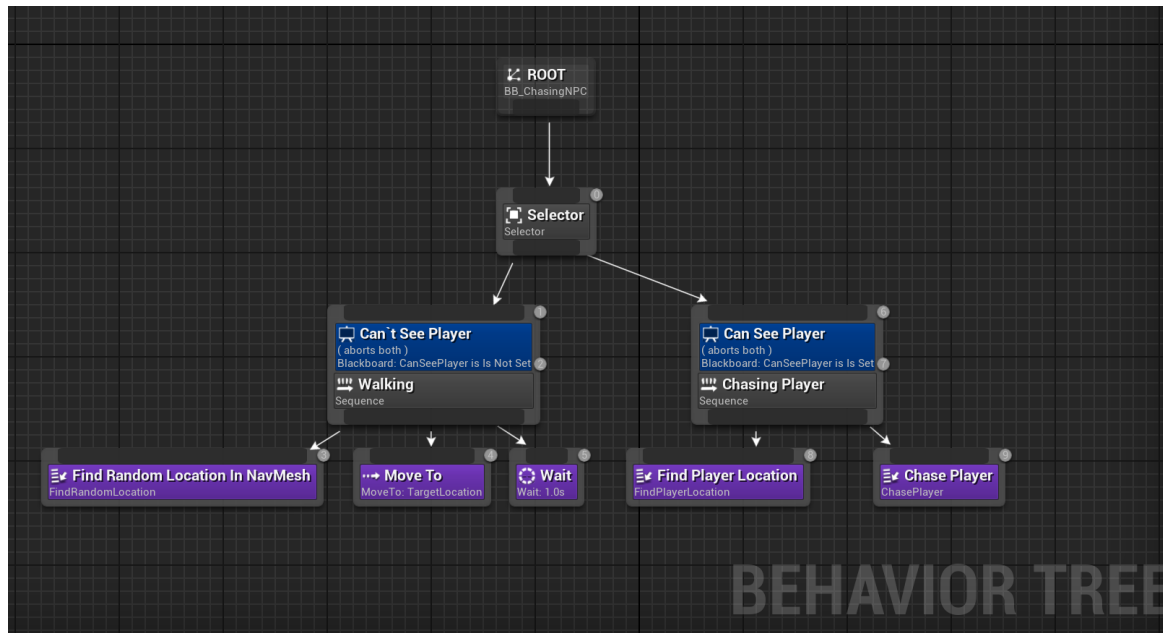


Рисунок 15 - Дерево поведения персонажа окружения

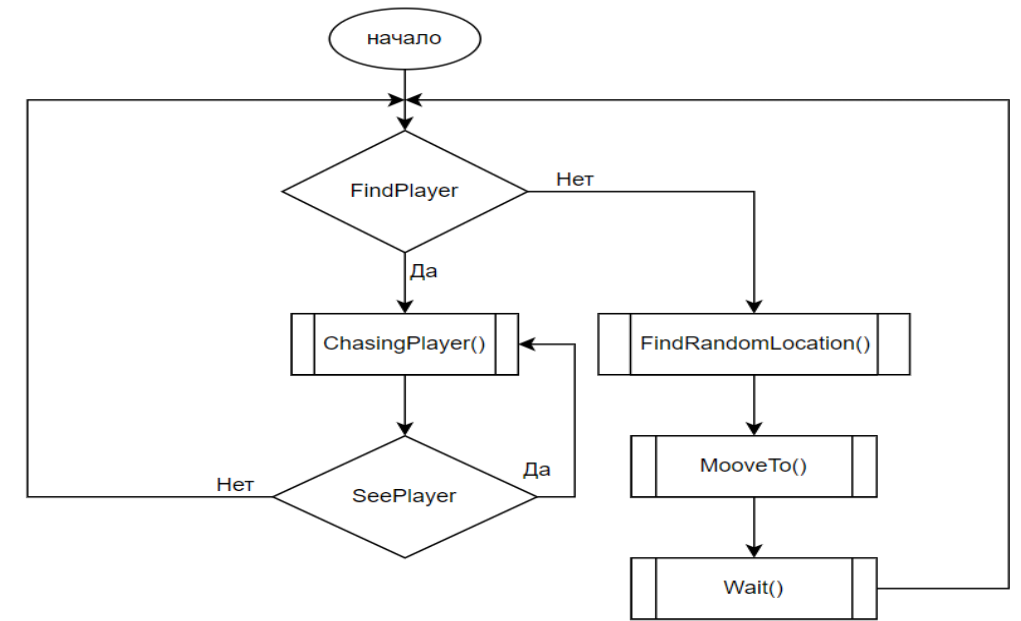


Рисунок 16 – Блок-схема персонажа окружения

Боевая система

Для реализации боевой системы были выполнены следующие действия:

1. Настроены анимации перемещения персонажа;
2. Разработаны механики захвата цели, комбинации атак, системы здоровья, уклонений, выносливости, инвентаризации;
3. Разработаны эффекты и звуковое сопровождение боевой системы;
4. Разработаны вражеские персонажи окружения.

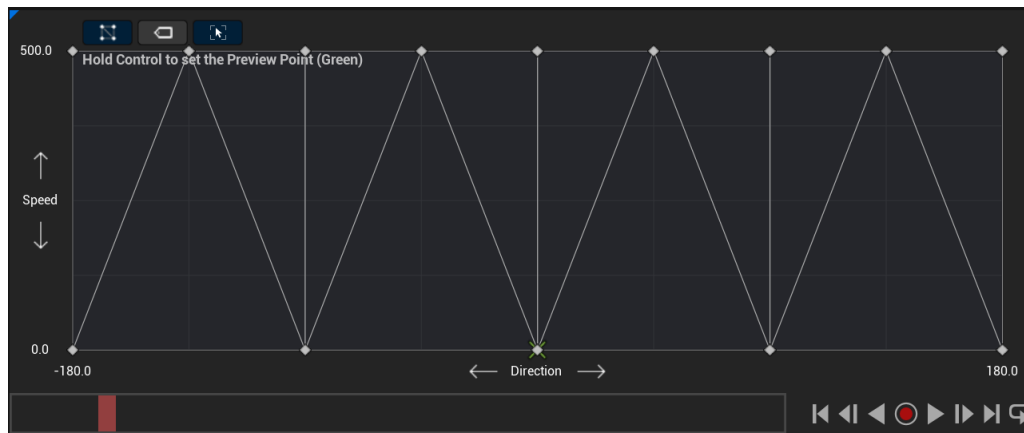


Рисунок 17 – Граф анимаций перемещений

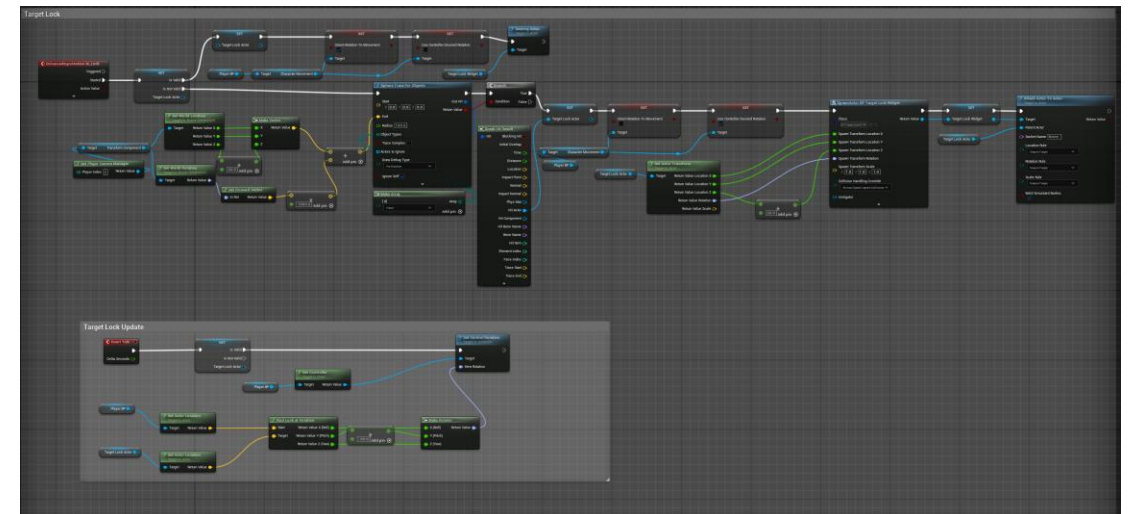


Рисунок 18 – Механика захвата цели

Для реализации механики системы инвентаризации были разработаны следующие классы:

1. *UBaseOfInventoryItem* – класс получения данных о подбираемом предмете из таблицы данных;
2. *IInterfaceForInteractionWithObject* – класс для взаимодействия с объектом на сцене;
3. *AltemPickup* – класс для представления объекта на сцене;
4. *UComponentOfPlayerInventory* – класс, реализующий основные функции системы инвентаризации;
5. Классы для реализации визуальной составляющей системы инвентаризации (*HUD*, *MainMenu*, *InteractionWidget*, *MainInventory*, *InventoryItemSlot*, *InventoryHint*).

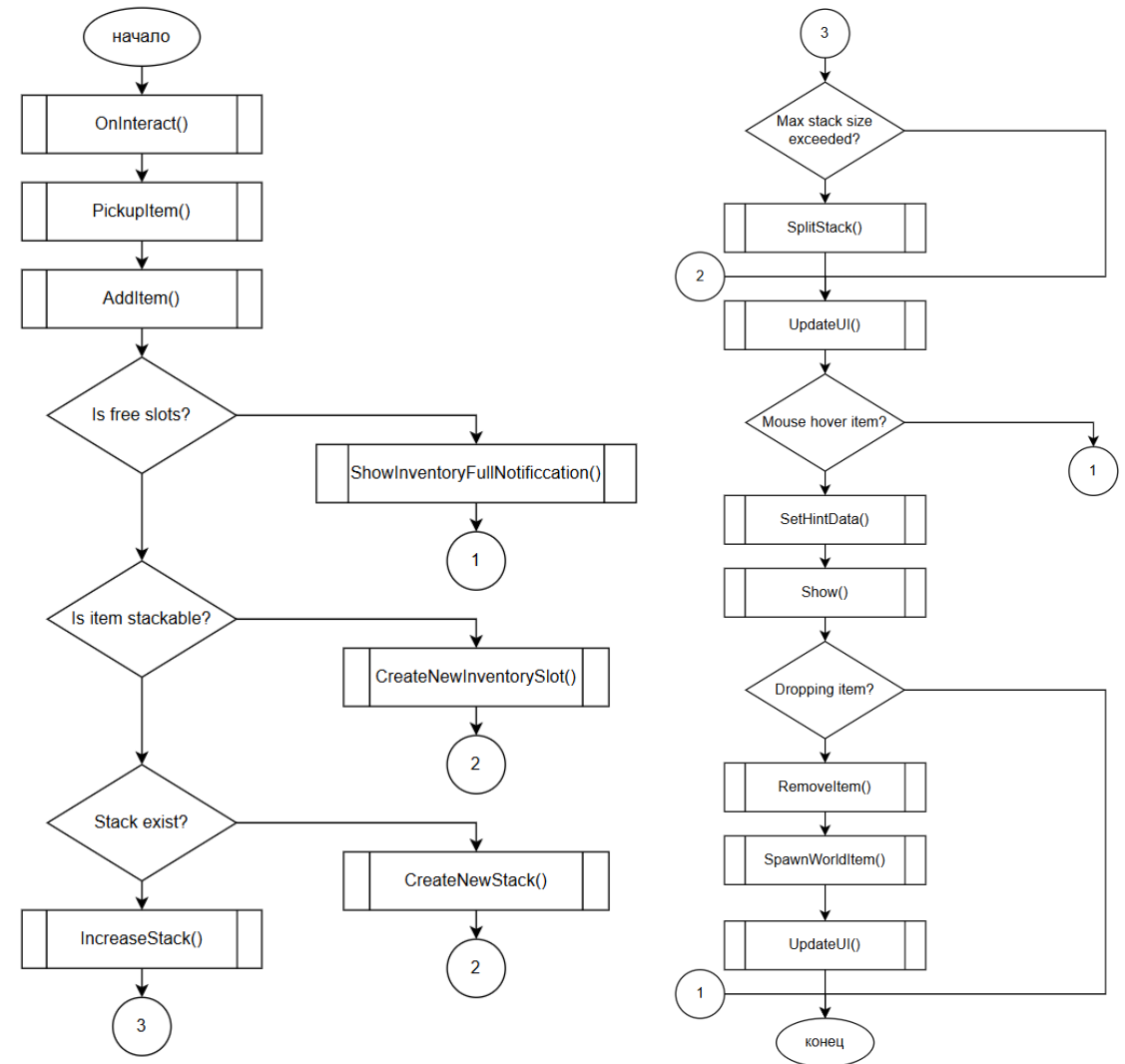


Рисунок 19 – Блок-схема системы инвентаризации

Результаты разработки



Рисунок 20 - Детализированная природная сцена



Рисунок 21 - Средневековое поселение



Рисунок 22 – Персонажи окружения и боевая система

Заключение

В рамках выполнения работы достигнута поставленная **цель** создания сцен с природным ландшафтом и средневековым поселением на Unreal Engine 5.

Для достижения цели были выполнены следующие **задачи**:

1. Создана детализированная сцена природного ландшафта: сгенерирована полигональная сетка карты высот, разработан материал ландшафта;
2. Ландшафт заполнен различными природными объектами;
3. Создан ландшафт большого размера и средневековое поселение: созданы и корректно размещены объекты, разработаны материалы.
4. Настроено освещение и проведена оптимизация производительности;
5. Созданы анимированные персонажи окружения;
6. Разработана боевая система для пользователя и персонажей окружения.