

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

**Факультет математики та інформатики
Кафедра математичного моделювання**

**РОЗРОБКА ПРОТОТИПІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІГОР ЗАСОБАМИ
UNREAL ENGINE 5**

Кваліфікаційна робота

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Виконав:

студент 2 курсу, 601 групи
Солодкий Артем Ігорович

Керівник:

кандидат фізико-математичних
наук, доцент Івасюк Г.П.

*До захисту допущено
на засіданні кафедри
протокол № 5 від 26 листопада 2024 р.
Зав. кафедрою _____ проф. Черевко І.М.*

Чернівці – 2024

Анотація

У роботі представлено процес розробки прототипів для створення комп'ютерних ігор. Використовуючи засоби Unreal Engine 5, Blender, Inkscape, створено додаток, який надає можливість розробникам спростити процес реалізації ігрових механік та анімацій, оптимізуючи час для розробки власних проєктів.

Ключові слова: ігрові механіки, Unreal Engine 5, 3D-модельовання, анімація персонажів, графічний дизайн, візуальні ефекти, Blueprint, інтеграція інструментів, оптимізація процесів.

Annotation

The paper presents the process of developing prototypes for creating computer games. Using Unreal Engine 5, Blender, and Inkscape, an application has been developed that allows developers to streamline the implementation of game mechanics and animations, optimizing the development time of their own projects.

Keywords: game mechanics, Unreal Engine 5, 3D modeling, character animation, graphic design, visual effects, Blueprint, tool integration, process optimization.

Дана робота містить результати власних розробок. Використання робіт та досліджень інших авторів наведено в списку літератури.

_____ А.І. Солодкий
(підпис)

Зміст

Вступ	4
Розділ 1. Загальний огляд ігрових додатків	5
1.1 Визначення та поняття ігровий додаток	5
1.2 Функціональність ігрових додатків	6
1.3 Аналіз та порівняння шаблонів UE5.....	7
1.4 Аналіз інших продуктів	8
Розділ 2. Використані технології.....	13
2.1.Ігровий рушій Unreal Engine 5	13
2.2 Мова програмування Blueprint.....	15
2.3 3D пакет Blender 3.6.....	17
2.4 Програмне забезпечення Gaea.....	18
2.5 Редактор векторної графіки Inkscape	19
Розділ 3. Опис і реалізація продукту	21
3.1 Постановка задачі	21
3.2 Алгоритм реалізації.....	21
3.3 Розробка персонажа та його механік	23
3.4 Управління камерою та стрільбою	27
3.5 Моделювання та текстурювання ігрових ассетів	32
Висновки	39
Список використаної літератури.....	40
Додатки	41

Вступ

Ігрова індустрія України динамічно зростає, українські ігри можуть конкурувати на рівних з великими Triple-A проєктами закордонних розробників, а наших незалежних (інді) розробників цінують та люблять в спільноті. Ігровим додаткам знаходять все більш широкий спектр застосування. Вони стали не тільки розвагою, а і мистецтвом, що поєднує в собі витонченість візуальної складової, захоплюючу історію, простоту в використанні та повне занурення в віртуальну реальність. Розробка ігрових додатків вимагає величезної кількості технічних навичок, це в свою чергу створює перешкоду для людей, які мають ідею, але не можуть її реалізувати. В роботі розроблено додаток для полегшення створення ігор, який значно скорочує час розробки. Додаток буде корисним як для професіоналів так і для людей, які хочуть створити власний проєкт, але не володіють потрібними навичками в даній галузі.

Цей додаток буде актуальним, адже він відкриє нові можливості для багатьох розробників-початківців та суттєво скоротить час створення нових ігор, надаючи готову базу з оптимізованими механіками та функціоналом. Його гнучкість дозволяє адаптуватися до більшості жанрів чи концепцій, забезпечуючи стабільну основу для втілення власних ідей. Він може слугувати як навчальний матеріал для початківців або бути корисним іншим фахівцям, які шукають рішення для швидкого старту проєкту. Процес створення додатку став справжнім викликом, який дозволив вдосконалити навички програмування, глибше зрозуміти структуру ігрових систем і знайти нові підходи до оптимізації.

Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. У першому розділі розглядається поняття ігрових додатків, їх функціональність. Другий розділ описує використані в роботі технології. У третьому розділі описується процес розробки та функціонал створеного додатку.

Загальний обсяг роботи складає 40 сторінок та 30 рисунків.

Розділ 1. Загальний огляд ігрових додатків

1.1 Визначення та поняття ігровий додаток

Ігровий додаток - це тип програмного забезпечення створеного для розважальних або освітніх цілей, який функціонує на комп'ютерах або інших пристроях (ігрові консолі, PSP, тощо). Особливістю такого додатка є інтерактивність, тобто можливість користувача взаємодіяти з віртуальним світом через клавіатуру, мишу, геймпад або інші пристрої введення.

У книзі [1] ігрові додатки описуються як вид інтерактивного мистецтва, де гравець особисто формує власний досвід. Це підкреслює активну роль користувача у вирішенні завдань і взаємодії з персонажами та оточенням у грі.

Зараз ігрові додатки займають важливе місце у різних сферах завдяки здатності поєднувати розваги з практичними функціями. У навчанні вони стали корисним інструментом, допомагаючи розвивати критичне мислення, аналітичні здібності та навички командної роботи. Це робить їх популярними серед освітніх закладів, які використовують інтерактивні додатки для забезпечення ефективного навчання учнів і покращення їхньої успішності. Ігри для професійного тренування, наприклад, в авіації або рятувальних службах, дозволяють відпрацьовувати складні сценарії. Вони покращуючи реакцію і здатність приймати швидкі рішення в критичних ситуаціях. Терапевтичні ігрові додатки знайшли своє застосування в медицині та психології. Вони використовуються для реабілітації пацієнтів після травм, тренування когнітивних функцій і підтримки емоційного благополуччя. Наприклад, за допомогою таких додатків люди можуть поступово долати тривогу або страхи у віртуальному середовищі під контролем фахівців.

Завдяки розвитку технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR), ігрові додатки стали ще більш захопливими й реалістичними, дозволяючи занурюватися у віртуальні світи з детальним відтворенням навколишнього середовища.

1.2 Функціональність ігрових додатків

Функціональність ігрових додатків – це набір функцій, що забезпечують ефективність ігрового процесу та сприяють зануренню у гру. Головні елементи ігрового додатку це: інтерфейс користувача, механіка управління персонажем, взаємодія з світом або іншими гравцями, а також збереження й обробку прогресу. Функціональність ігор охоплює такі аспекти:

- ігровий інтерфейс,
- механіка управління персонажем,
- багатокористувацький режим,
- система прогресу та досягнень,
- анімації та візуальні ефекти,
- оптимізація продуктивності,
- контрольні точки.

Ігровий інтерфейс включає в себе інтуїтивний дизайн, що дозволяє легко орієнтуватися, швидко отримувати доступ до всіх елементів та налаштувань. Механіка управління персонажем це система контролю за рухами або діями персонажа по бажанню користувача. Важливим аспектом є плавність і зручність керування, це дозволяє гравцям відчувати повний контроль над персонажем на екрані. Багатокористувацький режим дає можливість гравцям разом взаємодіяти з світом а також взаємодіяти один з одним, це може бути: змагання, кооперативні місії, спільні рейди, добування ресурсів тощо. Система прогресу та досягнень використовують для заохочення гравців до подальшого розвитку. Анімації та візуальні ефекти повинні сприяти візуальному задоволенню. Задля цього забезпечується висока деталізація 3D моделей, використовуються складні ефекти освітлення, тіні та інші елементи для створення реалістичного середовища. Оптимізація продуктивності потрібна для того щоб процес занурення у віртуальну реальність був приємним і стабільним. Додаток повинен пройти оптимізацію. Швидка загрузка, плавна анімація, відсутність глюків, підвищують якість додатка. Контрольні точки використовуються задля збереження прогресу користувача є дуже важливою складовою. Зазвичай це

досягається за допомогою хмарних сервісів і резервних копій, які дозволяють відновити прогрес при втраті або переході на інший пристрій.

Такий підхід до розробки забезпечує користувачам комфортний, функціональний і привабливий ігровий досвід.

1.3 Аналіз та порівняння шаблонів UE5

Unreal Engine 5 пропонує 6 стартових шаблонів[ДодатокК], які допомагають розробникам швидко почати роботу над проектом. Кожен шаблон оптимізований під певний тип гри та включає в себе базові механіки та налаштування, що дозволяють зосередитися на створенні контенту замість налаштування інфраструктури. Шаблони включають готові функції для управління персонажем, камерою, фізикою, а також інтеграцію з різними платформами, такими як VR та мобільні пристрої. Вибір шаблону залежить від жанру гри, яку ви плануєте створити.

Перелік шаблонів які пропонує UE 5:

1. First Person Template
2. Third Person Template
3. Top Down Template
4. Side Scroller Template
5. Vehicle Template
6. VR Template

First Person Template призначений для створення ігор з видом від першої особи, таких як шутери. Він включає камеру першої особи, стандартні контролі для руху (WASD).

Third Person Template шаблон для ігор з видом від третьої особи, таких як пригодницькі або рольові ігри. Камера слідує за персонажем, а контролі забезпечують стандартні рухи (біг, стрибки). Шаблон також містить базові анімації для персонажа.

Top Down Template ідеально підходить для стратегій або RPG з видом згори. Цей шаблон включає камеру, що знаходиться над персонажем, і дає змогу керувати рухом по карті в різних напрямках.

Side Scroller Template орієнтований на платформери з боковим прокручуванням. Він включає камеру, що слідує за персонажем в 2D-просторі, а також механіку для стрибків і переміщень по рівнях.

Vehicle Template Для ігор, де основна механіка полягає в управлінні транспортними засобами, таких як гоночні або аркадні ігри. Цей шаблон включає базову фізику руху та колізій для різних типів транспортних засобів.

VR Template шаблон для розробки ігор або додатків у віртуальній реальності (VR). Він підтримує різноманітні VR-пристрої, такі як Oculus або HTC Vive, і включає налаштування для камери та контролерів.

Шаблони Unreal Engine 5 надають лише базові механіки, такі як рух персонажа, взаємодія з об'єктами та управління камерою, що підходить лише для старту проєкту. Однак вони не забезпечують достатньої функціональності для створення ігор. Для реалізації ігрових систем необхідно самостійно додавати нові механіки, використовуючи Blueprint або програмування на C++. Також шаблони мають обмежений стартовий контент, мінімальний набір моделей, текстур і матеріалів. Більшість візуальних елементів доведеться створювати самостійно. Це значно збільшує обсяг роботи на початкових етапах створення гри.

1.4 Аналіз інших продуктів

Існують різні види ігрових додатків, зокрема, прості прототипи, повністю функціональні ігрові системи або додатки для розробки ігор певних жанрів, наприклад, шутер від першої особи, рольові ігри чи платформери. Додатки зазвичай мають модульну структуру, що дозволяє легко налаштовувати й розширювати їх, пристосовуючи до вимог конкретного проєкту.

Game templates можуть мати різні ліцензії. Відкриті ліцензії дозволяють безкоштовно модифікувати та поширювати додаток, зазвичай із умовою

зазначення оригінального автора. Проте на маркетплейсі Unreal Engine [9] кількість безкоштовних додатків обмежена, і їх якість не відповідає професійним вимогам. Більшість якісних додатків доступні лише за комерційними або пропрієтарними ліцензіями, які можуть обмежувати модифікації та розповсюдження. Крім того, такі додатки часто є досить дорогими, що вимагає від розробників значних фінансових вкладень для доступу до необхідних функцій.

Огляд декількох додатків з маркетплейсу Unreal Engine.

Додаток **Ultimate Multiplayer FPS** дозволяє швидко створити багатокористувацький шутер від першої особи (англ. shooter game, від shooter — «стрілець» — жанр відеоігор, піджанр action, основу ігрового процесу якого складає стрілянина по цілях). Він включає все необхідне для налаштування основних механік FPS: стрільба, прицілювання, переміщення, інтерактивні об'єкти. Особливістю є підтримка мережевого режиму, який дозволяє створити масштабовані онлайн-ігри з мінімальними затримками. Чудово підходить для проектів, де важлива швидкість налаштування та тестування. Крім того, додаток має вбудовану систему для легкого додавання різної зброї, персонажів і карт. Для особистого користування цим додатком потрібно заплатити \$159.99, а якщо це для студії, то ціна складатиме вже \$209.99 доларів США.

Додаток **Advanced RPG Template** орієнтований на створення рольових ігор. Містить велику кількість механік для удосконалення навичок та покращення характеристик персонажів, а також різноманітний інвентар для бою. Особливістю є наявність механізму прогресу персонажа, дерево навичок, система досвіду і предметів, що випадають після перемоги на ворогами. Додаток дозволяє створити інтерактивний і динамічний ігровий процес. Він також включає шаблони для створення NPC з різними типами діалогів та механіки для створення інвентарю з можливістю створення внутрішньоігрових предметів. Вартість додатку може сягати \$189.99 USD.

Додаток **Survival Game Template** дозволяє створювати ігри у жанрі «Виживання» (Survival games). Він пропонує всі необхідні функції: механіки

збору ресурсів, створення внутрішньоігрових предметів, підтримку динамічної зміни погоди та екологічних умов, що значно ускладнює процес виживання. Крім того, у додатку **Survival Game Template** присутня система створення та управління базами, що дозволяє створювати укриття і надійно захищати ресурси. Окремо виділяється підтримка багатокористувацького та кооперативного режимів. Вартість додатку \$119.99 USD.

Додаток **Tidy Starter Template** орієнтований на новачків, які хочуть створити просту гру. Включає механіки для створення 2D або 3D платформерів з базовими функціями, такими як стрибки, переміщення, збирання предметів. Це відмінний стартовий шаблон для тих, хто хоче зрозуміти основи створення ігор без складних механік, що часто займають багато часу для розробки. Особливістю є простота в налаштуванні та можливість швидко додавати нові рівні та об'єкти. Вартість \$79.99 USD.

Додаток **Advanced Vehicle System** пропонує надзвичайно гнучку систему для створення транспортних засобів у грі. Від реалістичних фізичних характеристик до розширених можливостей налаштування для різних типів транспорту — автомобілів, літаків, кораблів. Додаток дозволяє легко налаштувати фізику руху, визначити параметри руху на різних поверхнях, додавати ефекти руху, такі як пил, сліди від коліс, вибухи при зіткненнях. Вбудована система AI дозволяє створювати супротивників, які керують транспортними засобами, що відкриває безліч можливостей для створення гоночних, бойових або навіть перехресних місій. Вартість такого додатку становить \$99.99 USD.

Додаток **Fantasy RPG Kit** пропонує широкий набір функцій для розробників, які прагнуть створити свою фентезі-рольову гру. У ньому є все для розробки глибоко продуманого ігрового світу з різноманітними персонажами, можливістю налаштувати все під себе, механікою бою, розвитком персонажів. Включає вже готові анімації для бою, магії та іншого контенту, що допоможе швидше втілити концепцію. Простіше створювати квести, діалоги та систему

вибору, що значно знижує кількість роботи для розробника. Вартість складає \$149.99 USD.

Додаток **First Person Shooter Template** дозволяє швидко розпочати роботу над шутером (англ. shooter game, від shooter — «стрілець» — жанр відеоігор, піджанр action, основу ігрового процесу якого складає стрілянина по цілях) від першої особи, що робить його ідеальним для проектів, орієнтованих на високий рівень інтерактивності та точності. Він включає реалістичну систему стрільби, механіку укриттів, а також можливість налаштувати складність AI-супротивників, які адаптуються до стилю гри гравця. Також є можливість налаштувати мережеві функції для багатокористувацьких режимів, що дозволить створювати динамічні онлайн-бої. Вартість \$189.99 USD.

Top-Down Shooter Template ідеальний додаток для створення екшен ігор з видом зверху, що передбачає динамічні бої та захоплюючий геймплей. Система автоматичного прицілювання, безшовна зміна рівнів та гнучка система налаштувань для зброї. Інтеграція з AI дозволяє додавати різноманітних ворогів, кожен з яких має унікальні тактики і стратегії. Додаток також підтримує багатокористувацький режим, що дозволяє створювати кооперативні місії або змагання. Вартість його складає \$159.99 USD.

Додаток **Platformer Game Template** дозволяє розробити класичну гру в жанрі платформер з механікою стрибків, ковзання, подолання перешкод і збору внутрішньоігрових предметів. Він включає в себе підтримку різноманітних рівнів та складних елементів. Встановлення параметрів на рух об'єктів та фізики значно спрощує процес створення рівнів та механік. Ви можете налаштовувати складність, додавати різні види ворогів та пасток, що дозволить зробити гру більш цікавою та складною. Вартість \$69.99 USD.

Додаток **Racing Game Template** для створення гоночних ігор. Він надає систему управління для різних видів транспортних засобів, включаючи підтримку різноманітних трас та режимів гонок. Вбудована фізика дозволяє налаштувати рух транспорту в реальному часі, враховуючи такі аспекти, як

швидкість, контроль над автомобілем і взаємодія з поверхнею. Вартість \$99.99 USD.

Додаток **Puzzle Game Template** підійде для розробників, які хочуть створити головоломки або ігри на логіку. Цей додаток пропонує зручну систему для проектування рівнів, складання головоломок і механік взаємодії з об'єктами. У ньому реалізовані як прості задачі, так і складніший контент для гравців, котрі шукають інтелектуальні виклики. Багато функцій можна налаштувати під себе, що дозволяє створювати унікальні ігрові сценарії та варіативні способи розв'язання головоломок. Вартість \$49.99 USD.

Цей додаток **VR Game Template** спеціалізується на розробці ігор з підтримкою віртуальної реальності, що дає змогу створювати повноцінні ігри для VR-платформ. Інтеграція з контролерами VR, дозволяє реалізувати різні механіки взаємодії з об'єктами, а також налаштувати фізику руху персонажа для забезпечення комфортного геймплею. Також є можливість налаштовувати камери та ефекти занурення, щоб досягти максимального рівня реалістичності. Вартість такого додатку складає \$249.99 USD.

Додаток **Stealth Game Template** створений для розробки ігор з механікою непомітного підкрадання, де головним завданням гравця є уникати виявлення ворогами. Включає реалізацію AI, який здатний помічати рухи гравця, а також можливість налаштування складності і поведінки ворогів. Є можливість змінювати умови для досягнення кращого досвіду, включаючи спеціальні зони, що покращують або ускладнюють приховування персонажа. Вартість \$69.99 USD.

Створений в роботі додаток, слугує стартовим майданчиком для розробки ігор. Він містить базову функціональність та системи, такі як керування гравцем, налаштування камери, ігрові механіки та елементи оточення, що дозволяє розробникам швидко створювати прототипи або будувати гру на базі вже готової структури. Такі додатки значно спрощують та пришвидшують процес розробки, надаючи готові компоненти, завдяки чому розробники можуть зосередитися на унікальному контенті та геймплеї, а не на створенні кожного елементу з нуля.

Розділ 2. Використані технології

2.1.Ігровий рушій Unreal Engine 5

Unreal Engine 5 – це один з новітніх версій потужного рушія для розробки ігор від Epic Games, який продовжує вдосконалювати технології візуалізації та надає ще більше можливостей для розробників [2]. UE5 зберігає такі ключові технології як Nanite та Lumen, що дозволяють створювати графіку рівня фотореалізму з високою деталізацією та динамічним глобальним освітленням. Крім того, UE5 пропонує широкі можливості для анімації, звуку та фізичних ефектів, що робить його універсальним інструментом як для ігрової індустрії, так і для архітектурної візуалізації, кінематографу, і навіть наукових досліджень.

Переваги Unreal Engine 5:

- фотореалістична графіка
- Lumen
- MetaHuman
- ефективність в роботі з великими світами
- система роботи з звуком

Unreal Engine 5 відкриває нові можливості для розробників, завдяки передовим технологіям і сучасним рішенням. Однією з головних переваг рушія є фотореалістична графіка. Завдяки використанню технології Nanite можна створювати надзвичайно деталізовані середовища з мільйонами полігонів. Ці моделі й текстури відображаються без втрати продуктивності, що усуває потребу в їхній оптимізації, економлячи час і ресурси. Не менш важливою є технологія Lumen, яка відповідає за динамічне глобальне освітлення в реальному часі. Lumen автоматично адаптується до змін у сцені, що значно спрощує роботу з освітленням і дозволяє створювати реалістичні візуальні ефекти навіть у великих відкритих світах. Ще однією перевагою є платформа MetaHuman, яка дозволяє швидко створювати реалістичних персонажів із високоякісними анімаціями. Це не тільки скорочує час на розробку героїв, але й надає можливість створювати

унікальних персонажів із максимальною деталізацією. Unreal Engine 5 також демонструє високу ефективність у роботі з великими світами. Завдяки автоматичній оптимізації продуктивності у віддалених зонах сцени та широкому набору інструментів для управління ресурсами, розробники можуть реалізовувати масштабні проєкти з мінімальними технічними складнощами. Особливої уваги заслуговує система роботи зі звуком. Нові можливості у звуковому дизайні, включаючи обробку просторового звуку та використання різноманітних ефектів, забезпечують створення більш глибокого й реалістичного аудіо, яке доповнює візуальну складову гри.

Таким чином, Unreal Engine 5 пропонує інструменти, які дозволяють створювати сучасні проєкти з високою продуктивністю, вражаючою графікою та захопливим звуковим супроводом.

Недоліки Unreal Engine 5:

- Високі вимоги до обладнання
- необхідність великої кількості знань та навичок
- ресурсоемність
- потреба в додаткових ресурсах для VR і мобільних платформ.

Unreal Engine 5, хоч і є потужним інструментом для створення фотореалістичних віртуальних середовищ, має свої обмеження. Через передові технології, такі як **Nanite** і **Lumen**, рушій висуває високі вимоги до обладнання. Для комфортної роботи розробникам потрібні потужні комп'ютери із сучасними процесорами та відеокартами, що може стати бар'єром для невеликих команд чи окремих ентузіастів. Ще одним недоліком є складність інтерфейсу та велика кількість функцій, що може ускладнити процес навчання для початківців. Освоєння всіх можливостей рушія потребує значного часу та зусиль, а також базових знань у програмуванні, дизайні та роботі з 3D-графікою. Навіть із такими інноваціями, як Nanite і Lumen, рушій залишається ресурсоемним. Його використання на менш потужних пристроях, як-от ноутбуках або старих настільних комп'ютерах, може призводити до проблем із продуктивністю. Оптимізація таких проєктів часто вимагає додаткових зусиль. Особливу увагу

слід приділити адаптації проєктів для VR і мобільних платформ. Не всі функції UE5 оптимізовані для цих середовищ, тому для створення якісного VR-досвіду або мобільної гри можуть знадобитися додаткові ресурси та специфічні знання.

Хоча Unreal Engine 5.5 пропонує найсучасніші інструменти та технології для розробки, ці можливості часто супроводжуються високими вимогами до апаратного забезпечення та значними витратами часу на навчання й адаптацію проєктів.

2.2 Мова програмування Blueprint

Blueprint – це візуальна мова програмування, розроблена Epic Games для роботи в Unreal Engine [3]. Вона дозволяє розробникам створювати логіку ігрових процесів, взаємодію об'єктів, анімацію, ефекти та інші елементи, використовуючи ноди й з'єднання замість традиційного написання коду. Blueprint значно спрощує розробку, особливо для новачків і тих, хто не має досвіду програмування, і стає ефективним доповненням для професіоналів, яким потрібно швидко протестувати нові ідеї. У Blueprint об'єкти мають вузли та зв'язки, які утворюють логічні блоки ігрової логіки, подібно до функцій у звичайному програмуванні. Це можуть бути блоки руху, подій, викликів функцій, змінних або циклів, що з'єднуються у візуальні сценарії.

Blueprint інтегрований безпосередньо в Unreal Engine, тому всі зміни можна тестувати в реальному часі, що спрощує та прискорює процес розробки. Крім того, Blueprint сумісний із мовою C++, що дозволяє розробникам комбінувати візуальний код із класичним кодом, залежно від потреб проєкту.

Переваги Blueprint:

- Простота та доступність
- швидкість розробки
- вбудована підтримка в Unreal Engine
- гнучкість у поєднанні з C++

Blueprint — це потужний інструмент в Unreal Engine, який дозволяє створювати ігрову логіку без необхідності писати код. Завдяки своїй простоті й

доступності, він є ідеальним вибором для новачків, які хочуть швидко освоїти створення ігор, або для розробників з обмеженими знаннями програмування. Використовуючи блоки та з'єднання, розробники можуть швидко створювати нові механіки та функції, що значно прискорює процес перевірки ідей і тестування прототипів. Оскільки Blueprint є вбудованою частиною Unreal Engine, він чудово інтегрується з іншими інструментами рушія, дозволяючи розробникам зосередитися на творчості, а не на вирішенні технічних проблем. Для професійних розробників Blueprint надає ще одну перевагу — можливість поєднувати його з C++. Це дозволяє реалізовувати специфічну логіку, використовуючи традиційне програмування, і створювати максимально ефективні рішення.

Недоліки Blueprint:

- Обмежена продуктивність
- складність в управлінні.

Попри всі переваги, Blueprint має свої обмеження. У складних проєктах, що вимагають високої продуктивності, він може бути менш ефективним порівняно з C++. Це особливо помітно при обробці великих обсягів даних або виконанні складних математичних розрахунків. Ще однією проблемою є складність в управлінні кодом у великих проєктах: візуальні блоки можуть перетворюватися на заплутані структури, що ускладнює читання, редагування та підтримку.

Отже як підсумок Blueprint є універсальним і простим у використанні інструментом, який підходить як для початківців, так і для досвідчених розробників. Він дозволяє швидко створювати ігрову логіку та візуальні ефекти, спрощуючи процес розробки. Однак для складних проєктів або оптимізації продуктивності важливо враховувати його обмеження та поєднувати з традиційним програмуванням на C++.

2.3 3D пакет Blender 3.6

Blender 3.6 – це версія популярного безкоштовного програмного забезпечення для 3D-моделювання, анімації та рендерингу, яка продовжує вдосконалюватися, надаючи користувачам нові можливості для творчості та професійної роботи [4] [5]. Ця версія стала ще потужнішою та зручнішою для всіх, від початківців до досвідчених фахівців.

- покращене моделювання
- анімаційні нововведення
- оновлення рендера
- покращений редактор нод
- вдосконалена підтримка VR/AR
- активна спільнота та ресурси
- кросплатформенність

Blender 3.6 включає нові інструменти для моделювання, які дозволяють створювати детальні 3D-моделі з високою точністю. Завдяки вдосконаленим функціям ретопології та новим можливостям для роботи з текстурами, можна легко створювати складні геометричні форми та текстури, що підходять для різних проєктів. версія також містить розширені можливості для анімації, зокрема покращення в системах скелетної анімації та симуляції фізики, нові функції значно підвищують продуктивність процесу анімації. Blender пропонує значні покращення в рендерингу з використанням як **Eevee**, так і **Cycles**. Нові алгоритми рендерингу в Cycles забезпечують швидке та точне створення фотореалістичних зображень, тоді як Eevee дозволяє ще швидше отримувати якісні швидкі результати. В новій версії вдосконалено редактор нод, це дозволяє створювати складні ефекти. З новими функціями, такими як покращена організація вузлів та зручніший інтерфейс, можна легше комбінувати різні елементи в сценах. Blender 3.6 включає нові можливості для роботи з віртуальною та доповненою реальністю, що дозволяє створювати інтерактивні та захоплюючі проєкти у VR/AR середовищах. як і раніше, він підтримує велику спільноту, яка створює численні ресурси, навчальні матеріали та плагіни.

Користувачі можуть легко знайти відповіді на свої запитання та отримати підтримку від інших членів спільноти. Blender залишається хорошим рішенням, доступним для Windows, macOS та Linux, що робить його доступним для широкого кола користувачів по всьому світу.

Він продовжує зміцнювати свої позиції на ринку 3D-графіки, пропонуючи потужні інструменти та функції, які дозволяють користувачам реалізовувати свої творчі ідеї та створювати вражаючий контент.

2.4 Програмне забезпечення Gaea

Gaea – це програмний продукт для створення ландшафтів та природних середовищ, який активно використовується в індустрії відеоігор, анімації та візуалізації [6]. Розроблений компанією **QuadSpinner**, Gaea забезпечує інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом та потужними інструментами для генерації реалістичних природних сцен. Gaea представляє такі інструменти: моделювання природних середовищ, генерація процедурних текстур, система симуляцій, інтеграція з іншими інструментами, користувацька бібліотека, простота використання, спільнота та ресурси.

Gaea дозволяє легко створювати складні ландшафти, використовуючи систему вузлів для управління формами, текстурами та матеріалами. Це включає в себе такі елементи, як гори, долини, річки та інші природні об'єкти. Програма підтримує процедурне створення текстур, що дозволяє отримувати детальні та фотореалістичні матеріали для ландшафтів. Є можливість створювати текстури на основі реальних даних, що підвищує рівень реалізму. Gaea дає можливості для симуляції ерозії, гідрології та інших природних процесів, що допомагає створити реалістичні сцени. Це особливо корисно для розробників, які прагнуть досягти високої якості графіки. Gaea забезпечує зручну інтеграцію з такими програмами, як Unreal Engine, Unity та Blender, що дозволяє без проблем імпортувати створені ландшафти в проєкти. Вона також надає доступ до бібліотеки ресурсів, що містить численні шаблони та текстури, які користувачі можуть використовувати для швидкого створення своїх проєктів. Gaea має інтуїтивно зрозумілий

інтерфейс, який дозволяє новачкам швидко освоїти основи, а досвідченим користувачам – використовувати розширені функції для досягнення складніших результатів. Gaia має активну спільноту, яка надає навчальні матеріали, поради та підтримку, що робить процес навчання ще більш доступним.

Gaea – це потужний інструмент для художників і розробників, який дозволяє створювати детальні та реалістичні ландшафти, що відповідають сучасним вимогам індустрії. Завдяки своїм можливостям і гнучкості, Gaia стає незамінним помічником у процесі створення природних середовищ.

2.5 Редактор векторної графіки Inkscape

Inkscape — безкоштовний редактор векторної графіки з відкритим кодом, що є альтернативою Adobe Illustrator [7]. Його широко використовують графічні дизайнери, ілюстратори та художники для створення масштабованих векторних зображень (SVG). Inkscape має багато функцій, що роблять його чудовим вибором для роботи з векторною графікою:

Основні можливості:

- Малювання векторних об'єктів
- робота з текстом
- сумісність із іншими форматами
- розширення та налаштування
- доступність, крос-платформність
- спільнота та підтримка

Inkscape пропонує великий набір інструментів для створення та редагування фігур і об'єктів. Користувачі можуть легко малювати вручну, створювати точні геометричні фігури чи використовувати інструмент Бєзє для складніших малюнків. Ці інструменти важливі для створення ілюстрацій, логотипів, діаграм і всіх видів дизайну, що потребують масштабу без втрати якості. Робота з текстом Inkscape має потужні можливості для роботи з текстом. Користувачі можуть легко редагувати шрифти, створювати багаторядкові

текстові блоки, застосовувати стилі та використовувати текст на шляхах, що надає велику гнучкість для дизайнерських рішень, пов'язаних із типографією.

Сумісність із іншими форматами дозволяє Inkscape парцювати з різноманітними форматами файлів, включаючи SVG (рідний формат), PDF, EPS і навіть AI файли Adobe Illustrator. Це дозволяє зручно обмінюватися графікою між різними програмами та використовувати Inkscape для роботи з іншими інструментами дизайну. Розширення та налаштування. Як продукт з відкритим кодом, Inkscape має велику кількість розширень, створених спільнотою. Вони дозволяють додавати нові функції, ефекти або навіть інтегрувати програму з іншими інструментами. Користувачі можуть також налаштувати програму відповідно до своїх потреб. Inkscape є повністю безкоштовним, на відміну від Adobe Illustrator, який вимагає підписки. Це робить його привабливим вибором для користувачів, які не можуть дозволити собі дорогі програмні продукти, зокрема для початківців і студентів. Він працює на різних операційних системах, включаючи Windows, macOS і Linux, що робить його доступним для широкого кола користувачів, незалежно від платформи. Завдяки відкритому коду, Inkscape має активну спільноту користувачів та розробників. Є безліч онлайн-ресурсів, форумів, документації та навчальних матеріалів, що допомагають новим користувачам освоїти програму і вирішувати проблеми.

Inkscape — це чудовий інструмент для тих, хто шукає безкоштовну альтернативу для створення векторної графіки.

Розділ 3. Опис і реалізація продукту

3.1 Постановка задачі

Розробити прототипи для створення ігор, за допомогою яких можна полегшити процес розробки, з хорошими анімаціями та основними механіками потрібними для більшості ігрових додатків, використовуючи Unreal Engine 5.

Основні етапи реалізації завдання:

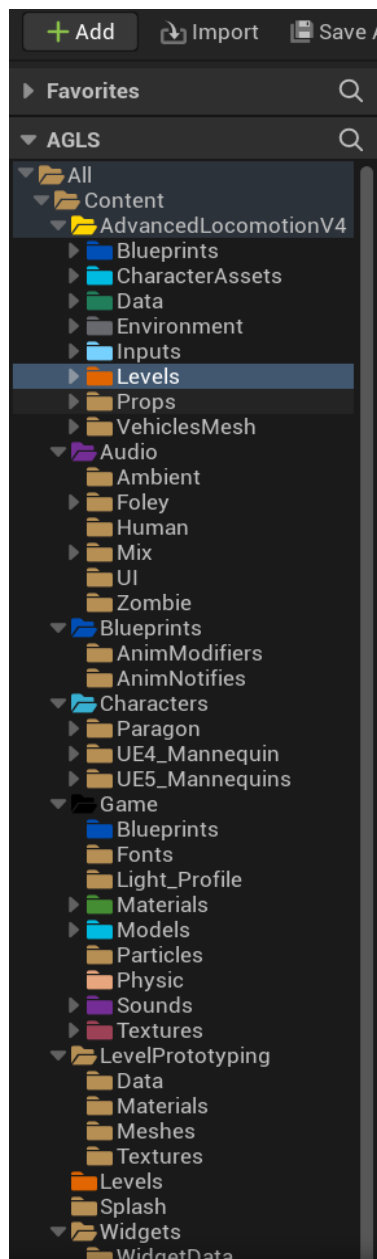
- 1) створення шаблону проєкту;
- 2) розробка геймплею, формування основних механік гри, таких як переміщення, бойова система, збір ресурсів, взаємодія з NPC (неігровими персонажами(Non player character)) та навколишнім світом;
- 3) розробка різних типів персонажів, включаючи ворогів і доброзичливих NPC, для збагачення гри та підвищення рівня занурення гравців;
- 4) розробка AI для NPC (неігрових персонажів), здатного до автономних дій, реагування на дії гравця та виконання інтерактивних завдань;
- 5) розробка текстур для персонажів, оточення та об'єктів, використовуючи графічні редактори Photoshop та Substance Painter, які відповідають тематиці гри;
- 6) перенесення текстур у проєкт через Content Browser, створення матеріалів на основі текстур та їх застосування до моделей персонажів та оточення.
- 7) проведення остаточного тестування, оптимізація ресурсів та виправлення всіх виявлених помилок.

3.2 Алгоритм реалізації

Першим етапом розробки стало встановлення необхідного програмного забезпечення. Це включало встановлення наступних інструментів для виконання поставлених завдань, таких як Unreal Engine 5, Blender, Gaea та інші додаткові програми. Особливу увагу було приділено налаштуванню середовища розробки, що забезпечило комфортну роботу з усіма компонентами проєкту.

Наступним кроком стало створення нового проєкту з іменем "Magisterska". Структура проєкту була ретельно продумана для оптимізації робочого процесу: створено й організовано директорії відповідно до їх функціонального призначення. Кожна папка отримала чітке і зрозуміле найменування, яке дозволяє швидко знаходити необхідні файли чи ресурси.

Зокрема, було виділено окремі директорії для зберігання моделей, текстур, матеріалів, анімацій та інших активів. Це дало змогу забезпечити логічну організацію проєкту, уникнути хаосу у файловій структурі та прискорити доступ до потрібних елементів під час розробки (Мал. 1).

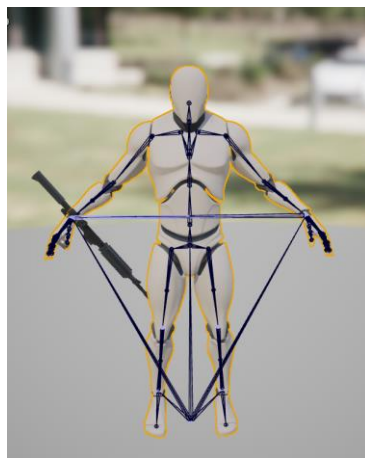


Мал. 1. (Директорії проєкту)

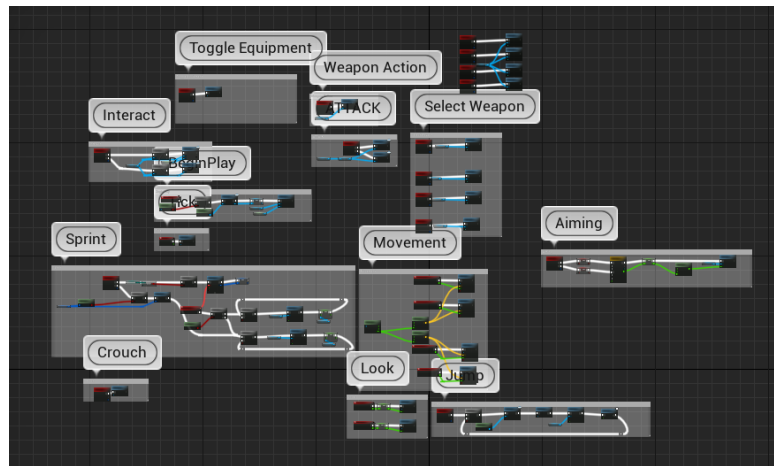
3.3 Розробка персонажа та його механік

На цьому етапі було здійснено розробку базового персонажа, включаючи створення манекена, розробка логіки його дій та інтеграцію анімацій. Першим кроком стало створення базової 3D-моделі персонажа, яка слугуватиме манекеном для тестування механік і подальшої деталізації.

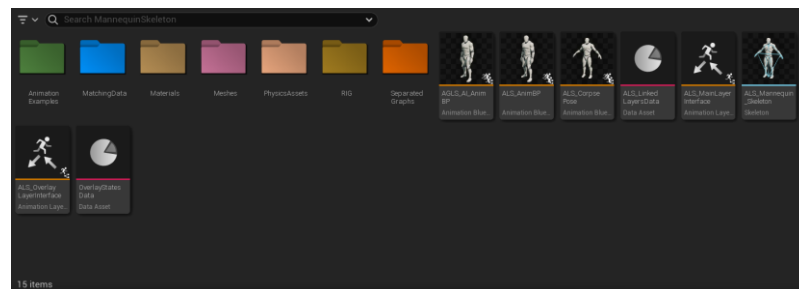
Для забезпечення взаємодії персонажа з навколишнім середовищем було розроблено набір механік, таких як рух, стрибки, паркур, атаки та взаємодія з об'єктами. Ці функції реалізовано за допомогою Blueprint у Unreal Engine 5, що дозволило налаштувати та протестувати логіку поведінки персонажа. Далі відбулася інтеграція анімацій для забезпечення плавності рухів і покращення візуального сприйняття. Використано ключові кадри для створення базових анімацій, таких як ходьба, біг, паркур, стрибки та атаки. Анімації синхронізовано з подіями в логіці персонажа, що забезпечило їх коректне відображення під час гри. Ілюстрації процесу розробки можна побачити на рисунках (Мал. 2-4), де демонструється створення манекена, його логіка та папка з анімаціями.



Мал.2. Манекен персонажа



Мал.3.Логіка персонажа



Мал.4. Папка з анімаціями персонажа

Кожен елемент, пов'язаний із персонажем, організовано у відповідні папки для забезпечення зручності в роботі та оптимізації навігації в проєкті (Мал. 4).

Папка Animation Examples містить анімації для різних дій персонажа. Анімації поділені на під папки з відповідними назвами, що відповідають типам дій, наприклад, "Ходьба", "Біг", "Стрибок" тощо (Мал. 5).

У папці Matching Data зосереджена вся логіка, пов'язана з механіками різних дій персонажа, що забезпечує коректне виконання анімацій та їх інтеграцію з ігровими подіями (Мал. 6).

Папка Materials тут містяться базові матеріали, використані для створення візуальної складової персонажа, такі як текстури шкіри, одягу тощо. (Мал. 7).

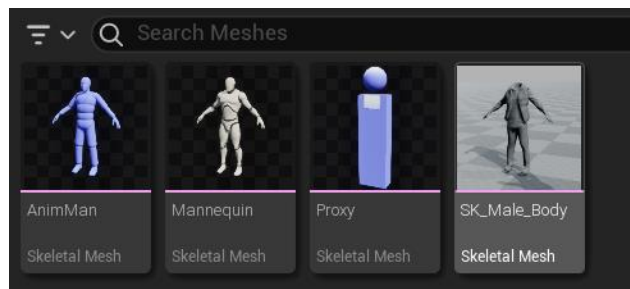
Папка Meshes у ній зберігаються моделі манекенів персонажів, які використовуються для тестування анімацій і механік на початкових етапах розробки (Мал. 8).

Папка RIG містить скелети персонажів, необхідні для анімації та взаємодії з іншими елементами ігрового процесу (Мал. 10).

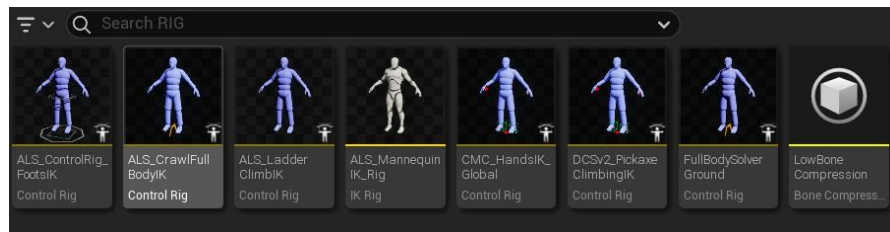
Окрім цього, існують файли, пов'язані зі створенням персонажа, які знаходяться в інших папках:

Папка Character Logic: Тут зібрана вся логіка персонажа, включаючи налаштування звуку, взаємодії з оточенням, дій і механік (Мал. 13).

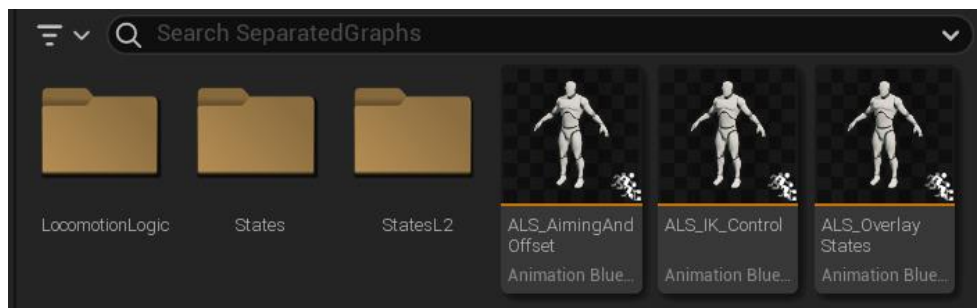




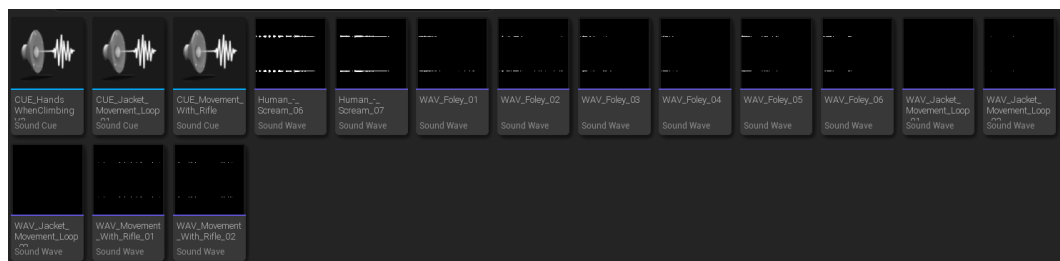
Мал.8. Манекени



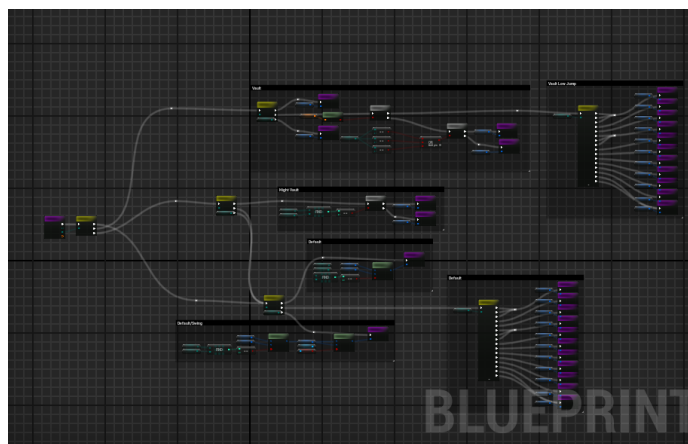
Мал.10. Скелети персонажа



Мал.11. Взаємодія анімацій



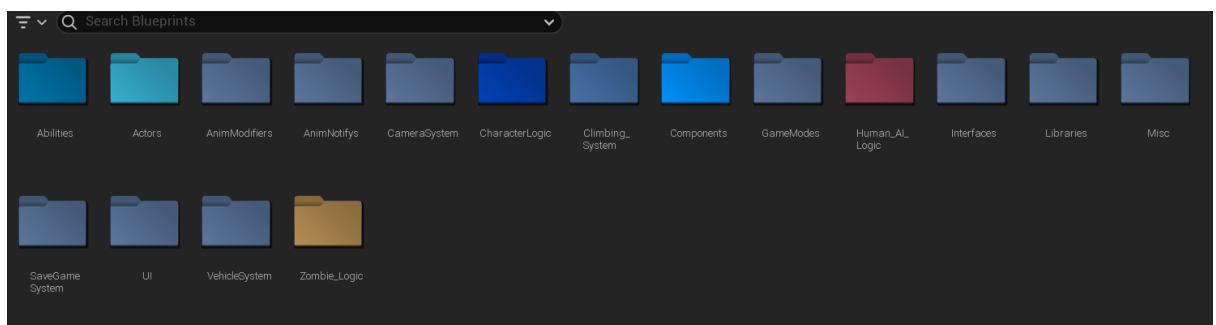
Мал.12. Звуки персонажа



Мал.13. Логіка персонажа

3.4 Управління камерою та стрільбою

Для управління камерою та стрільбою створено наступні механіки: Abilites (логіка можливостей персонажа), Actors (базові класи об'єктів), AnimModifiers (надбудови до анімацій), AnimNotif (перевірка коректності анімацій), CameraSystem (логіка камери), CharacterLogic (механіки персонажа), ClimbingSystem (логіка скелелазання та підйому), Components (допоміжні компоненти для механік), GameMode (ігровий режим персонажа), Human_Ai_Logic (логіка штучного інтелекту, NPC), Interface (логіка взаємодії інтерфейсу), Librages (використані бібліотеки), SaveGameSystem (логіка збереження та завантаження), UI (логіка появи векторних зображень), VehicleSystem (логіка транспорту), Zombie_Logic (логіка ворожих NPC). Вони зберігаються у папці blueprints з відповідними назвами (Мал.14).

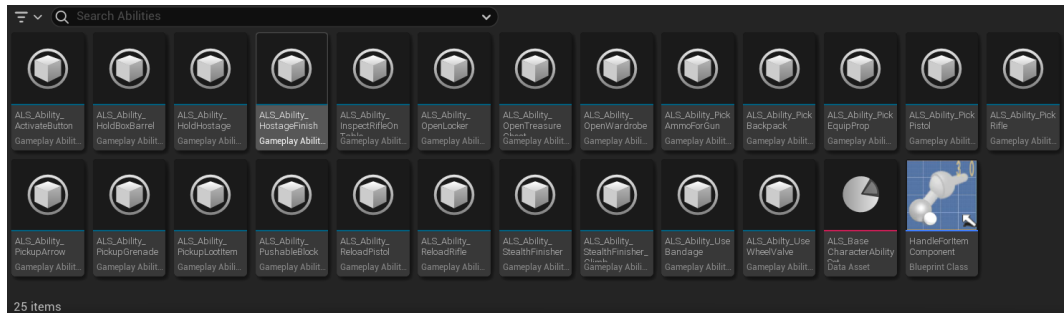


Мал.14. Папка *blueprints*

Основними є папки Abilites, Camera System, Climbing System, Human_AI_Logic, Vechile System, Save Game System.

У папці Abilites зберігається логіка можливостей персонажа (Мал.15). Механізм роботи базується на індексах. Після отримання певної команди від гравця чи ігрового середовища, система викликає відповідну здібність, використовуючи її індекс у масиві. Такий підхід забезпечує гнучкість та легкість у розширенні функціоналу персонажа, дозволяючи швидко додавати нові здібності або модифікувати існуючі. Ця структура створює основу для роботи з механіками персонажа, зокрема здібностями, які можуть бути різними від простих дій, як стрибок чи удар, до складних комбінацій, таких як спеціальні атаки. Решта папок (Camera System, Climbing System, Human_AI_Logic, Vehicle

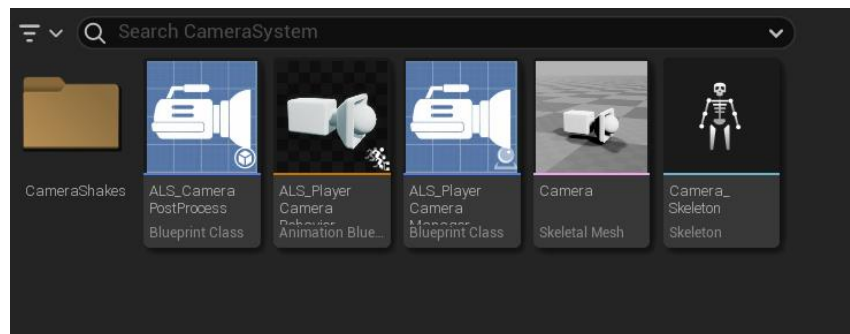
System, Save Game System) також мають ключове значення для функціонування додатка.



Мал.15. Abilities

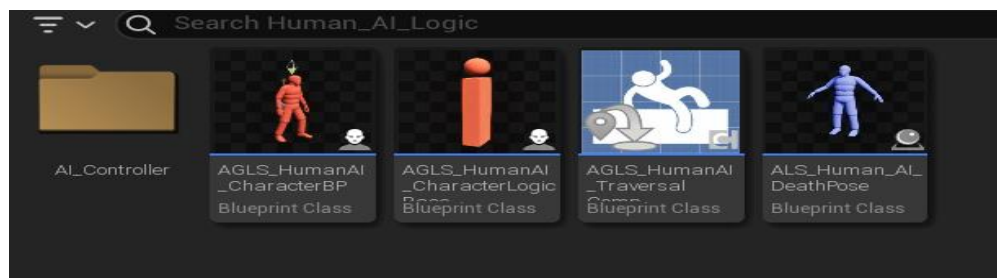
У папці Camera System реалізовано логіку роботи камери, яка відповідає за її поведінку та зміну позицій у різних ситуаціях (Мал. 16). Основні реалізовані функції: динамічна зміна кута, режим огляду, зміна позиції камери. При динамічній зміні кута огляду камери камера автоматично підлаштовується залежно від дій персонажа. Наприклад, наближається під час прицілювання або віддаляється під час бігу. Режим огляду підтримує декілька варіантів, такі як: вигляд від третьої особи, вигляд від першої особи або кінематографічний режим. Зміна позиції камери забезпечує автоматичне перемикавання позицій залежно від ситуації, наприклад, при зміні транспорту чи переході персонажа у стан бою. Для збереження плавності руху, реалізовано механізми, які забезпечують плавні переходи між позиціями, що створює комфортний візуальний досвід для гравця.

Система управління камерою побудована так, щоб забезпечити максимально реалістичну і зручну роботу камери для різних ігрових сценаріїв. Її легко розширювати, додаючи нові режими чи поведінки, якщо цього потребує розвиток гри.



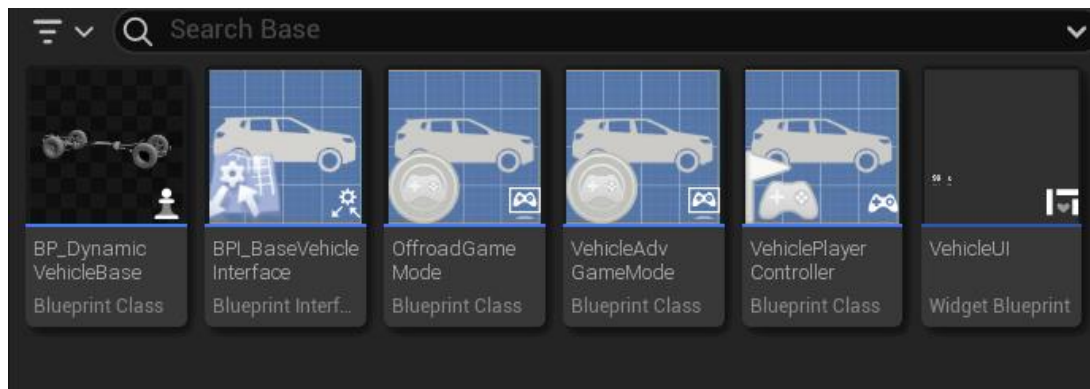
Мал.16. Camera System

таким чином: якщо гравець підходить занадто близько до NPC або проявляє агресію (наприклад атакує), NPC негайно реагує, видаючи сигнал тривоги. Цей сигнал поширюється серед інших NPC, які перебувають у радіусі 50 метрів від джерела. Після отримання сигналу тривоги NPC припиняють свої поточні дії, збираються в групу та узгоджують свої дії. Координація дозволяє NPC діяти спільно, атакувати гравця як єдиний загін, а не поодиночці. Це робить взаємодію з NPC складнішою та цікавішою для гравця. Для реалізації такого алгоритму використовується AI_NPC_Controller, який забезпечує управління патрулюванням за допомогою шляхових точок, визначення радіуса сприйняття сигналу тривоги, логіку групової поведінки NPC та реакцію на різні типи взаємодій із гравцем. Ця система створена для того, щоб зробити NPC більш "розумними" та створити динамічний ігровий процес. NPC здатні адаптуватися до різних сценаріїв, що підвищує реалізм і складність гри.



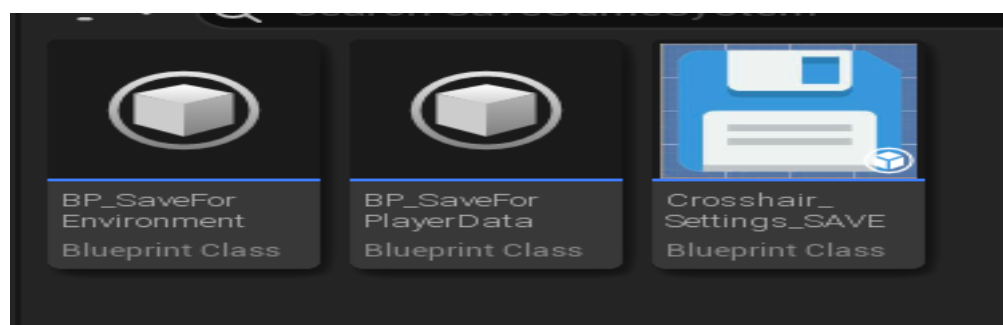
Мал.18. Human_AI_Logic

У папці Vehicle System містяться файли, що відповідають за функціонування транспортних засобів та взаємодію персонажа з ними. Система забезпечує реалістичну поведінку транспорту, включаючи керування, гальмування, зміну швидкості та взаємодію з фізичними об'єктами у світі гри. Персонаж може сісти в транспорт, керувати ним, залишати його, цей процес супроводжується плавними анімаціями для створення природного переходу між станами. Якщо транспорт має кілька місць, підтримується можливість посадки NPC або інших персонажів у додаткові місця (Мал.19).



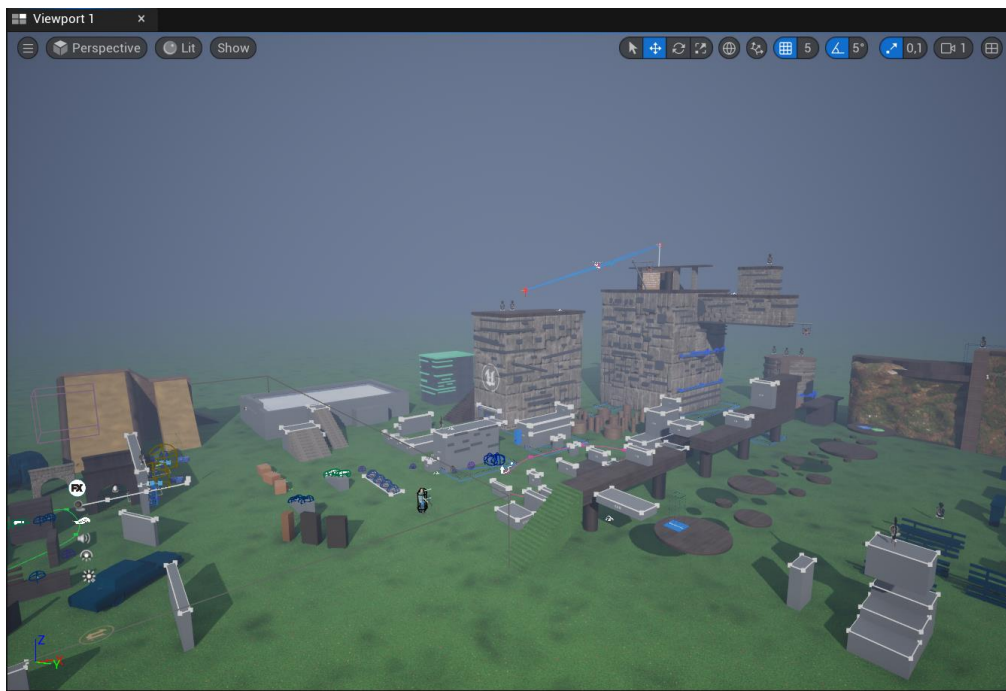
Мал.19. Система транспорту

Папка Save Game System містить логіку збереження та завантаження прогресу гри (Мал. 20). Коли гравець натискає кнопку "Зберегти", система фіксує важливу інформацію, таку як позиція персонажа, рівень здоров'я, наявні ресурси, прогрес у сюжеті, стан NPC, їхнє положення, а також об'єкти, з якими гравець взаємодівав. Після цього ці дані структуруються і зберігаються в спеціальних файлах збереження. Під час завантаження гри вибирається останній збережений файл і відновлюються всі параметри відповідно до збереженого стану. Позиція гравця, ресурси, стан NPC та інші елементи повертаються до того ж положення, яке було зафіксоване під час збереження. Важливо, що це можливо тільки якщо персонаж знаходився в "дійсних координатах", тобто не перебував у повітрі та не був у русі, а знаходився в сталому положенні. Це дозволяє забезпечити коректне відновлення стану гри і уникнути непередбачуваних ситуацій.



Мал.20. Система збереження та загрузки

У проєкті розроблено та створено спеціальну демонстраційну карту (Мал.21) для демонстрації механік, NPC та інтерактивності ігрового світу.



Мал.21. Демонстраційний рівень

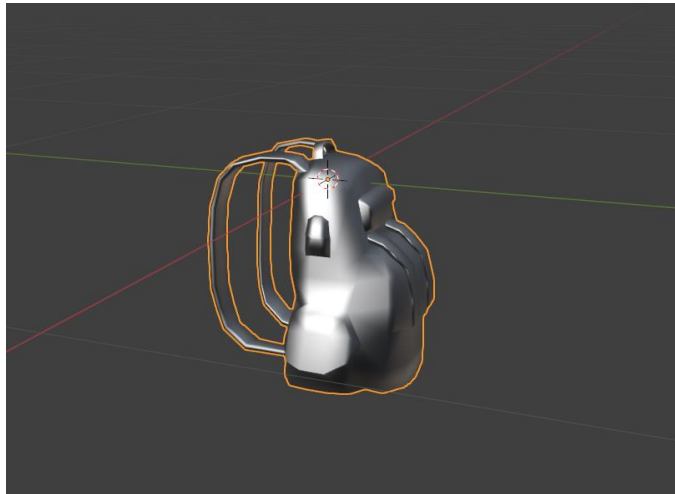
На карті розміщено різноманітні об'єкти, які дозволяють проводити комплексні випробування. NPC рухаються між перешкодами й муляжами, демонструючи алгоритми своєї поведінки, а стенди дають змогу оцінити точність анімацій, таких як підняття предметів із землі. Окремі елементи дозволяють тестувати взаємодію з ігровими предметами, перевіряти роботу механік ковзання на схилах та скелелазіння на високих об'єктах. Для демонстрації плавання передбачено басейн, а для паркурних механік спеціальна смуга з перешкодами. Крім того, створені об'єкти для взаємодії з динамічними предметами та випробування транспортних засобів. Усі ці механіки доповнені станком для покращення зброї, який забезпечує візуалізацію змін у реальному часі та реалістичні анімації.

3.5 Моделювання та текстурювання ігрових ассетів

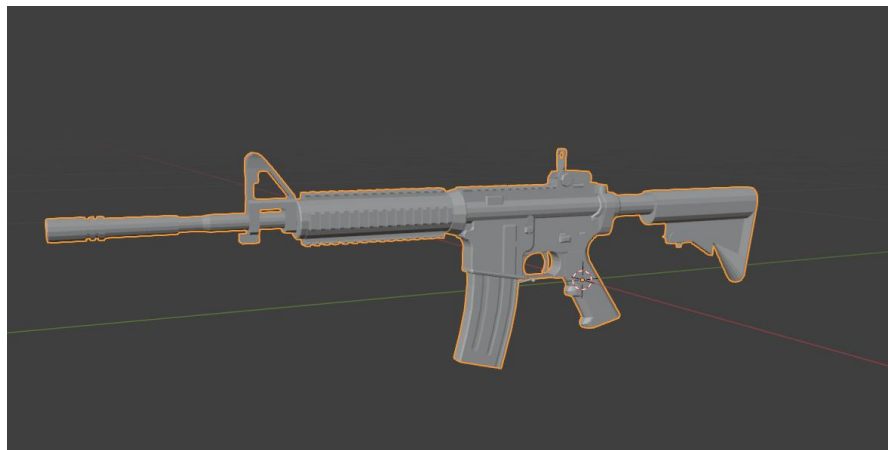
Для створення 3D-ассетів використано Blender 3.6. У цьому середовищі створено різноманітні об'єкти, що складають наповнення сцени гри. Зокрема змодельовані будівлі, транспорт, предмети, що використовуються в сценах, моделі зброї та розхідників. Кожен з цих елементів детально продуманий для

досягнення високого рівня реалізму та інтерактивності. Всі моделі створені з урахуванням технічних вимог для використання в Unreal Engine 5, що забезпечує ефективну роботу гри при максимальній якості візуалізації.

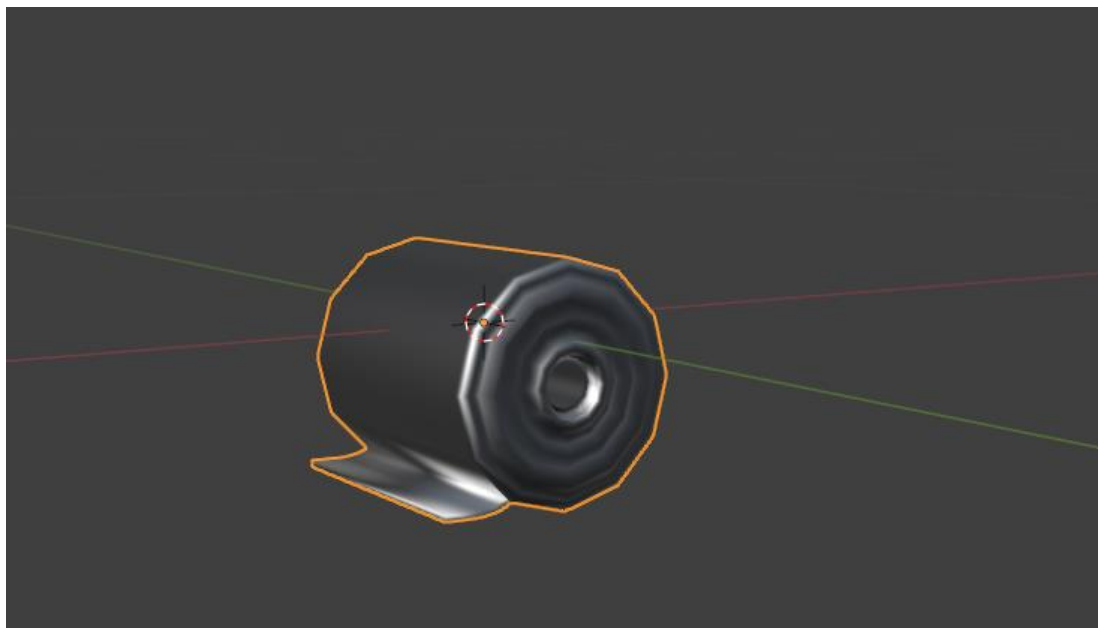
Ці 3D-асети становлять важливу частину прототипу, додаючи йому насиченості та реалістичності, а також забезпечують широкий спектр можливостей для гравця у взаємодії з навколишнім світом (Мал. 22 – 27).



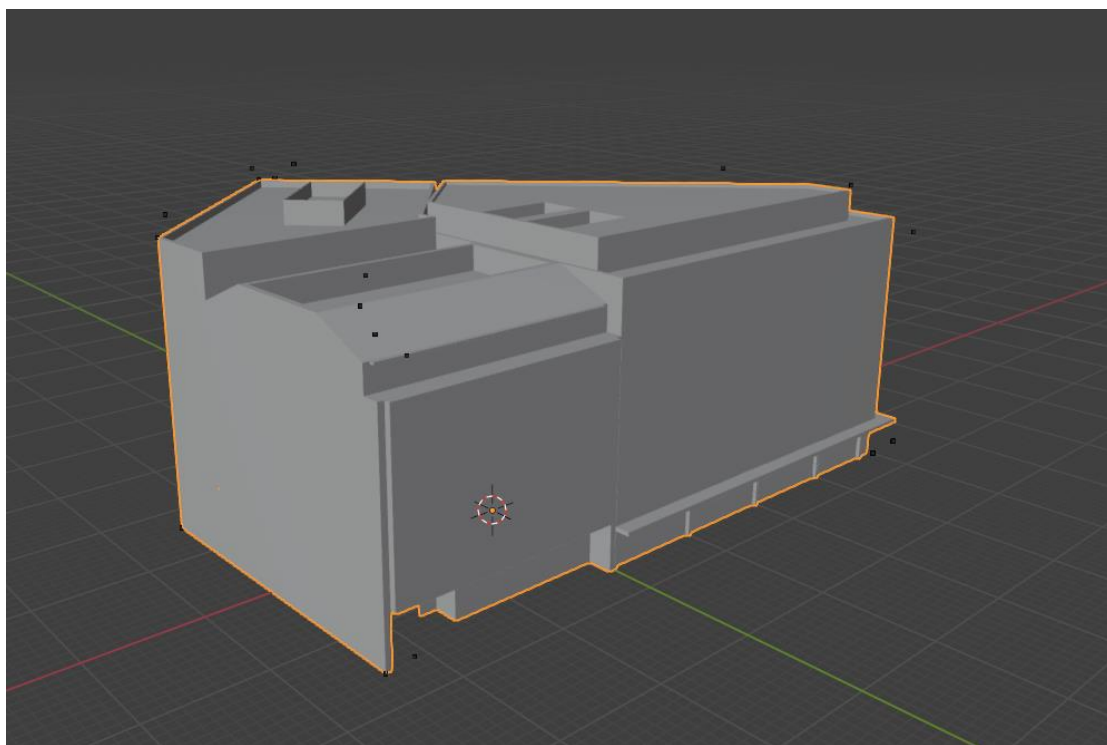
Мал.22. Рюкзак персонажа



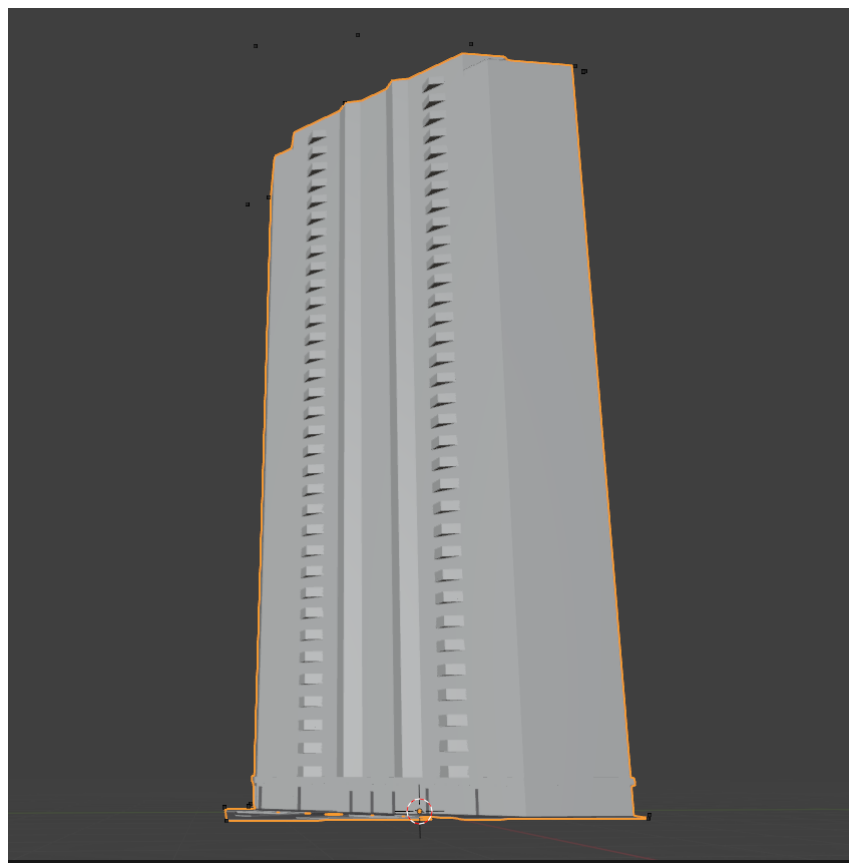
Мал.23. M4A1 оптимізована модель



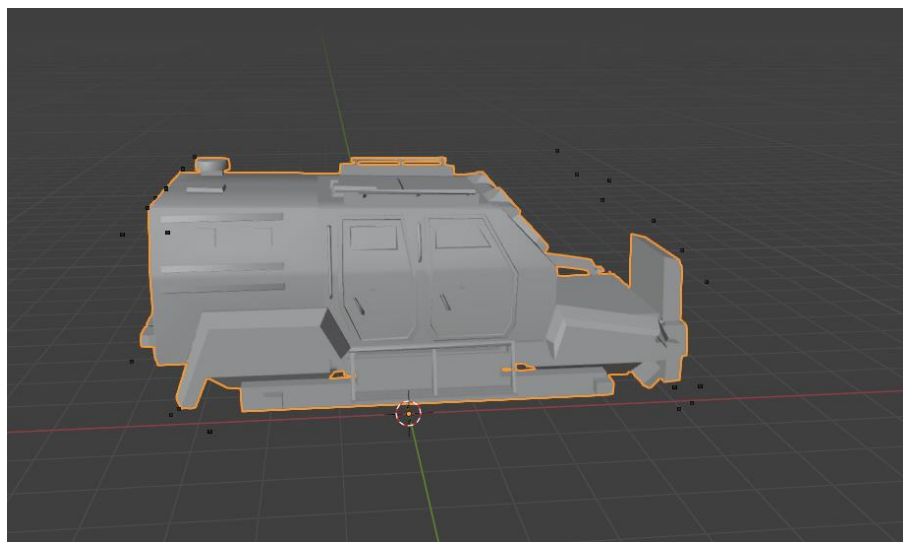
Мал.24. Бинт



Мал.25. Модель будівлі низької



Мал.26. Модель будівлі високої

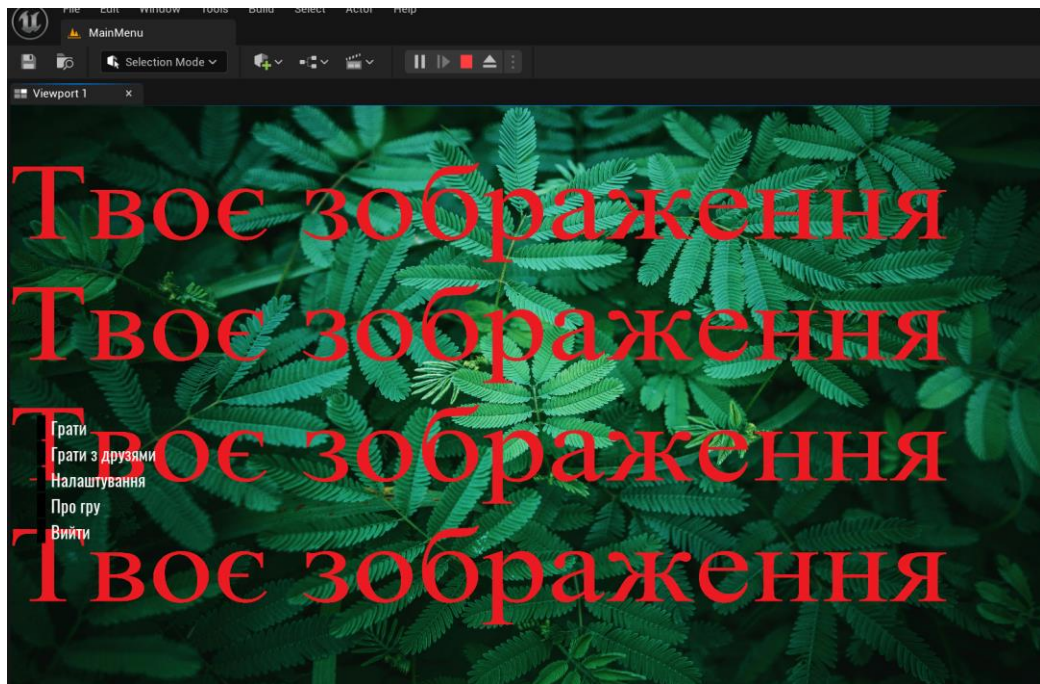


Мал.27. Малополігональна модель машини

Важливим кроком є створення текстур для 3D-моделей. Для цього використовувався Substance Painter. Завдяки потужним можливостям, таким як текстурування на основі фізичних матеріалів (PBR), робота з різними шарами та масками, а також інтеграція з іншими програмами. Substance Painter дозволяє

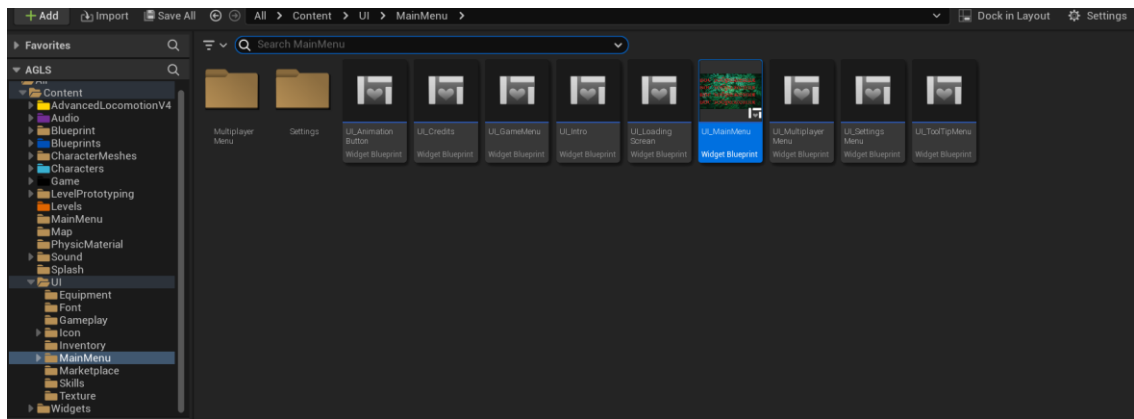
створити реалістичні текстури, які чудово поєднуються з моделями, покращуючи загальний вигляд гри.

У додатку також реалізовано головне меню, яке можна налаштовувати відповідно до власних потреб, що дозволяє адаптувати інтерфейс під вимоги користувача або проєкту (Мал.28). Це додає зручності для користувача та забезпечує більш гнучке налаштування під різні сценарії.



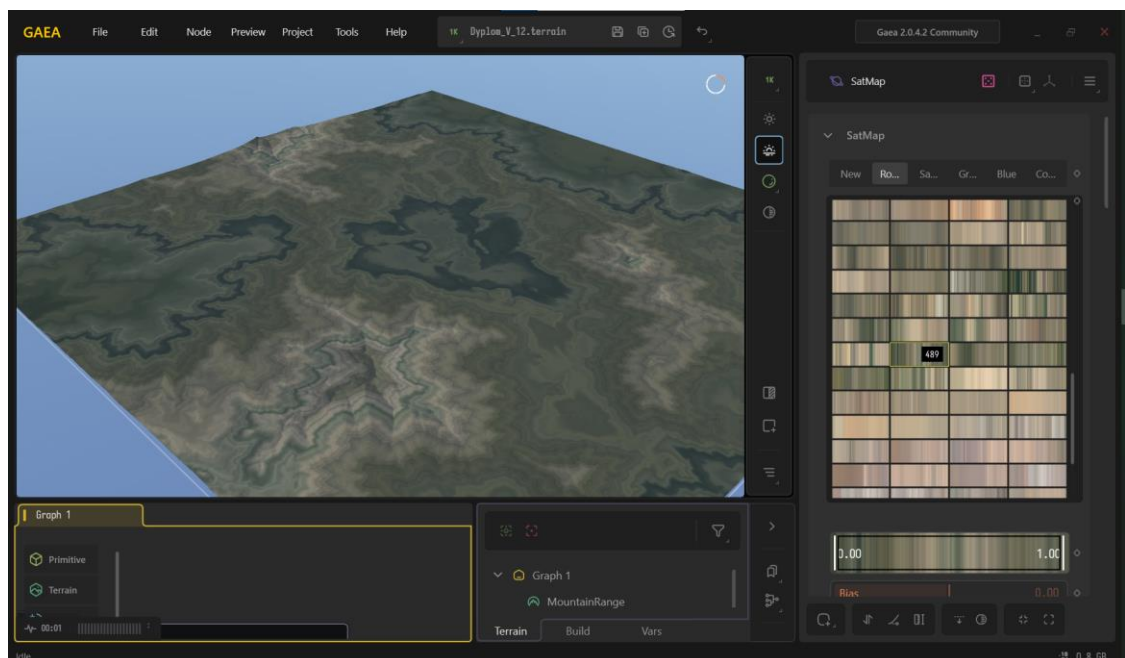
Мал.28. Головне меню

Налаштування інтерфейсу відбувається в папці UI (Мал.29). Тут зберігаються всі елементи користувацького інтерфейсу, такі як меню, кнопки, панелі та інші інтерактивні елементи. Завдяки організації цієї папки, можна швидко змінювати або налаштовувати інтерфейс відповідно до потреб та вимог користувача. Усі елементи UI інтегровані з основними механіками гри, що забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий користувацький досвід.



Мал.29. Папка UI

Створення ландшафту реалізовано за допомогою Gaea. Gaea дозволяє ефективно працювати з висотними картами, текстурованням та деталізацією поверхні, що значно спрощує процес візуалізації природних середовищ і покращує якість фінального результату. Gaea обрано через його потужні можливості для створення складних і детальних ландшафтів, а також завдяки зручності в створенні майстерматеріалу для нього (Мал.30).



Мал.30. Ландшафт

Після підготовки всіх необхідних ассетів, а саме: 3D-моделей, текстур, майстерматеріалу-ландшафту, звуків, анімацій та UI елементів відбувся їх

імпорт в рушій Unreal Engine 5. Це дозволило інтегрувати всі елементи в додаток та забезпечити їх правильне відображення та функціональність в реальному часі. Завдяки цьому, всі ресурси були підготовлені для подальшого налаштування механік, взаємодії з об'єктами сцени гри та інтерактивних елементів, що дозволяє ефективно продовжити розробку.

Висновки

Під час розробки прототипів було проведено детальний аналіз схожих продуктів, широкий спектр програмного забезпечення, який би дозволив реалізувати всі заплановані механіки. Кваліфікаційна робота дала змогу суттєво розширити професійні вміння в галузі створення ігрових проєктів та вдосконалити навички роботи з різноманітними технологіями.

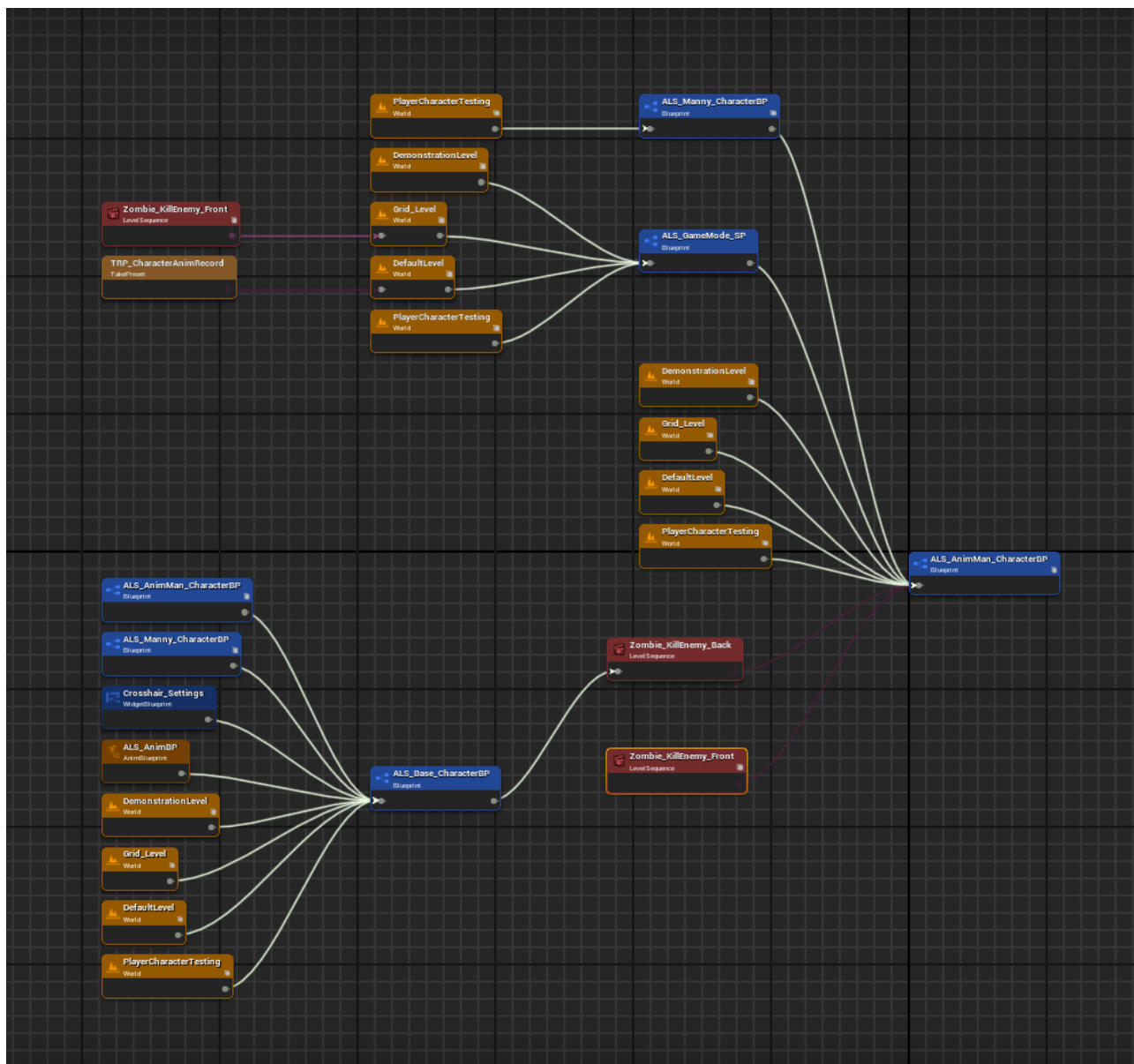
Розроблений додаток доповнює стандартні шаблони Unreal Engine 5 механіками пов'язаними із взаємодією з навколишнім світом, якісними текстурами та звуками, системою внутрішньоігрових предметів. У ньому реалізовано складну систему руху, механіки скелелазіння та плавання, покращений AI для бою, 14 видів зброї зі звуками та анімаціями, яких у стандартних шаблонах Unreal Engine 5 немає. Крім того, в додатку реалізовано головне меню з інтерактивними елементами.

Список використаної літератури

1. Йонас Хайде Сміт і Сусанна Паярес Тоска. *Understanding Video Games: The Essential Introduction*. - Routledge, 2019. - 376 с.
2. Unreal Engine документація. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/>
3. Blueprint документація для Unreal Engine. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/blueprints-visual-scripting-unreal-engine/>
4. Blender документація. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
5. *Blender 3D: Noob to Pro*. [Електронний ресурс]-Режим доступу до ресурсу : https://en.wikibooks.org/wiki/Blender_3D:_Noob_to_Pro
6. Quadspinner Gaea документація. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://docs.quadspinner.com/>
7. Inkscape документація. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://inkscape.org/doc/>
8. *Game Engine Architecture* / Jason Gregory. - A K Peters/CRC Press, 2018. - 1240 с.
9. Unreal Engine Marketplace. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.unrealengine.com/marketplace>
10. Unreal Engine Animation документація. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/animation-system-in-unreal-engine/>
11. *The Art of Game Design: A Book of Lenses* / Jesse Schell. - CRC Press, 2019. - 600 с.
12. Blender Community Wiki. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://wiki.blender.org/>

Додатки

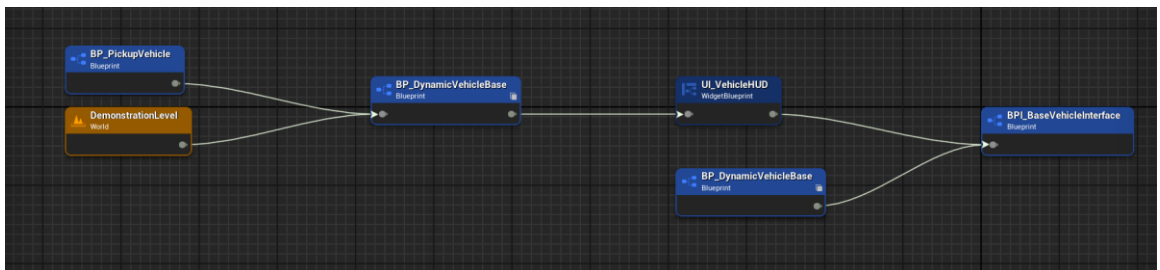
Додаток А – Вся логіка персонажа



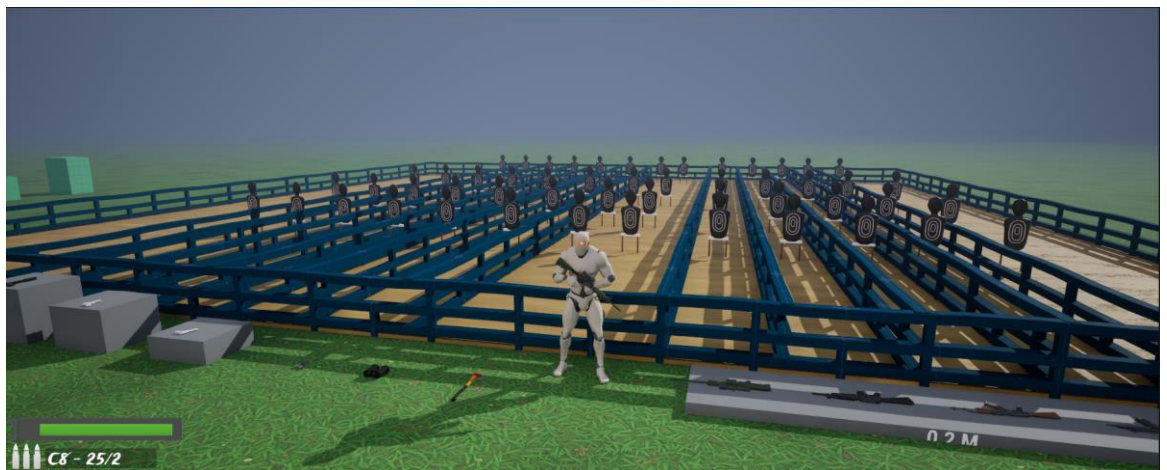
Додаток Б - транспорт



Додаток В – Логіка транспорту



Додаток Г - полігон



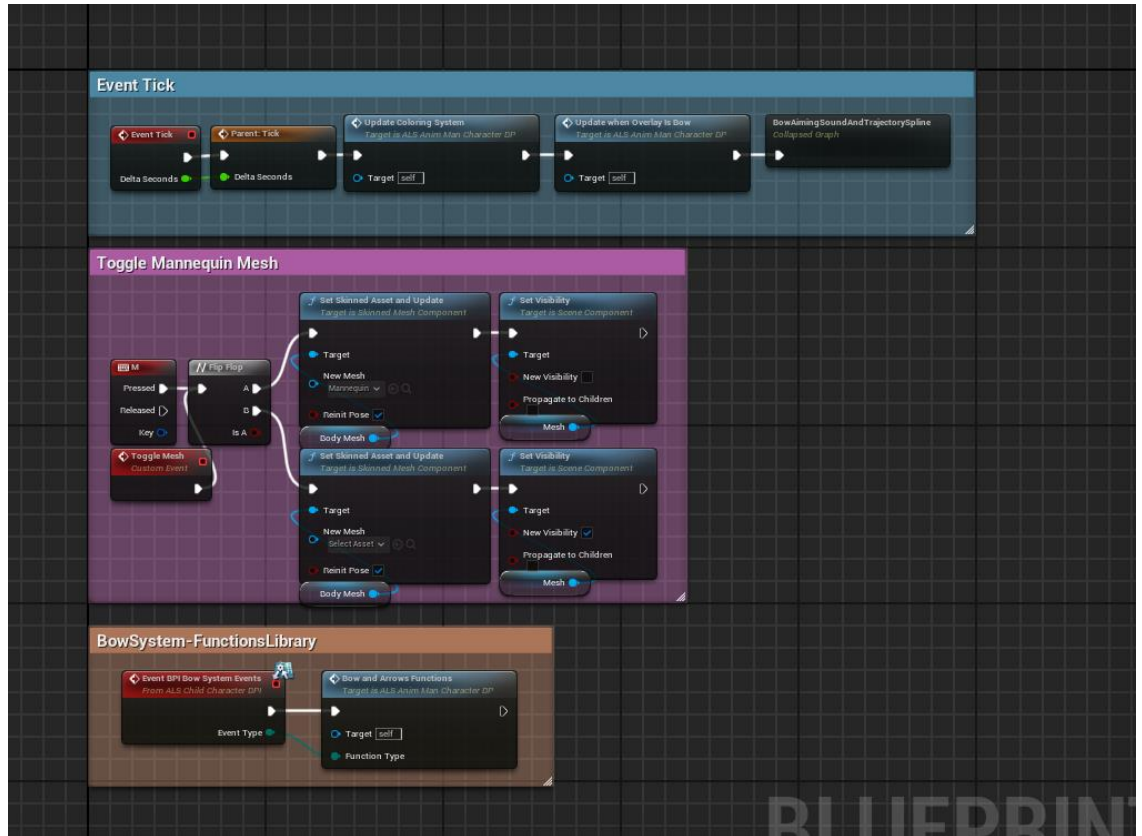
Додаток Д – зона АІ



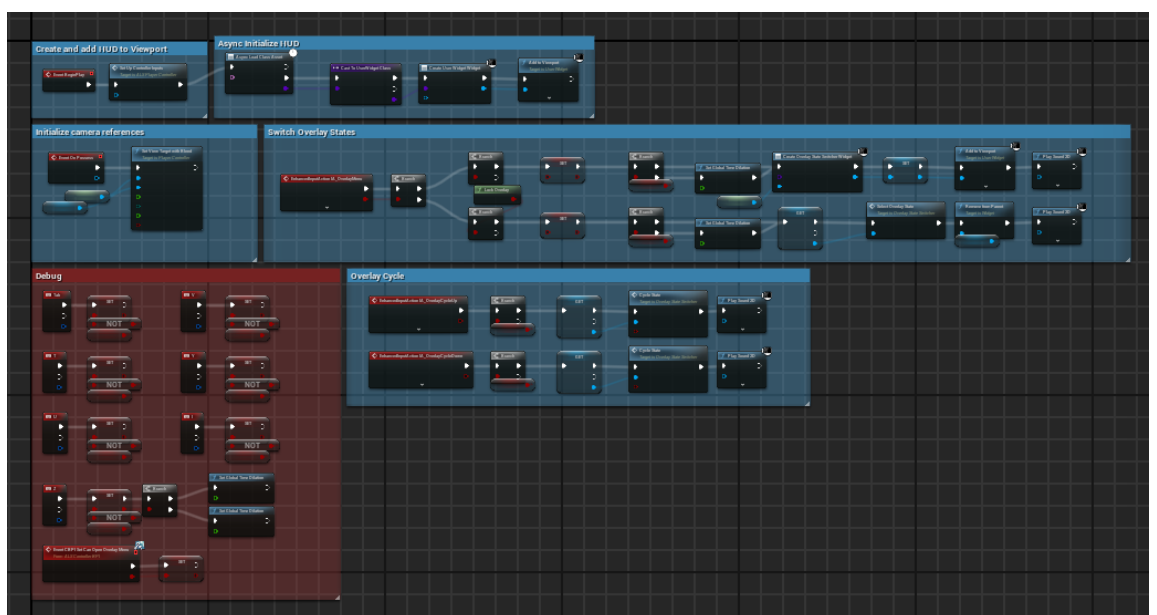
Додаток Е – покращення зброї



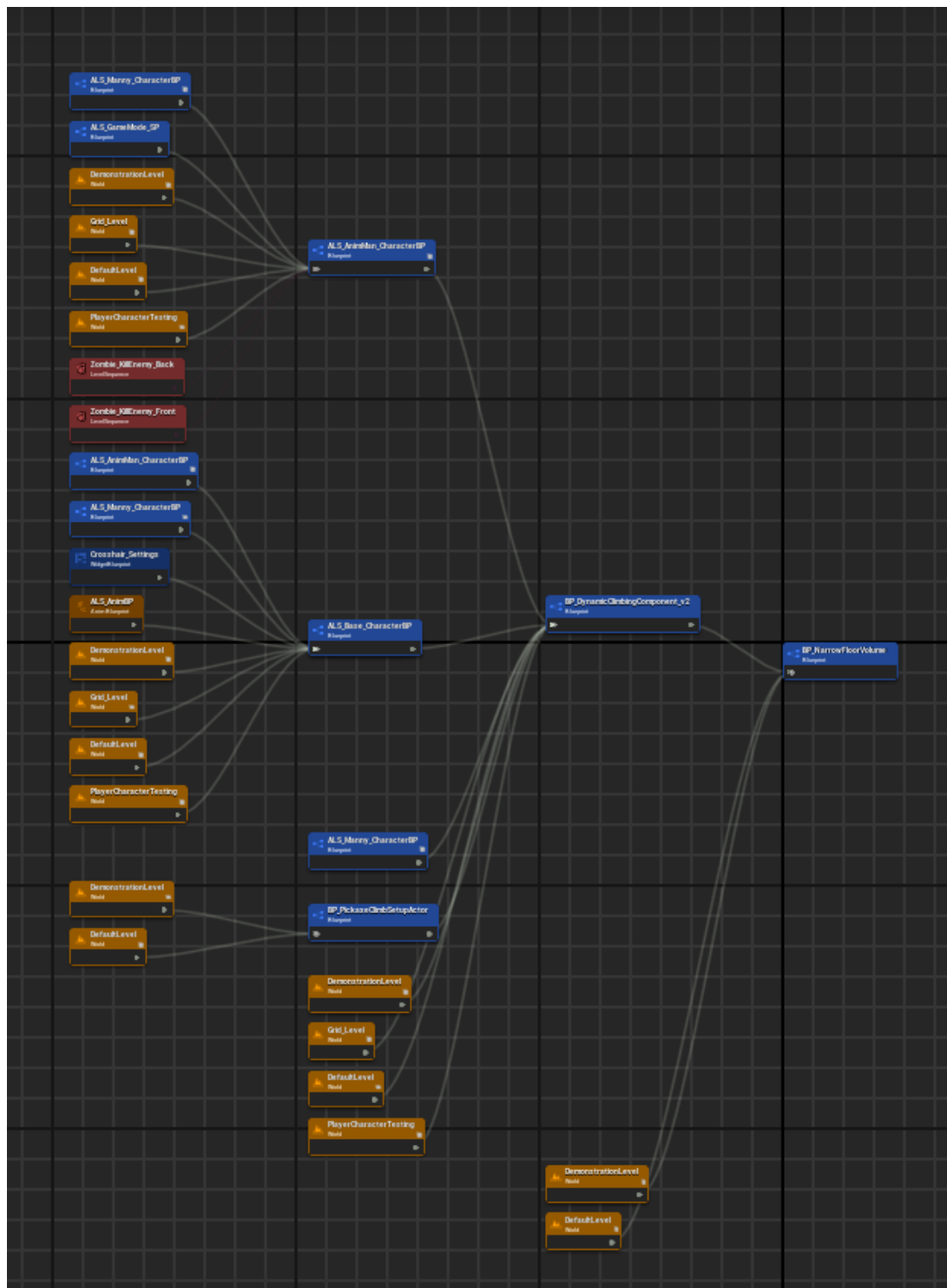
Додаток Є – логіка персонажа



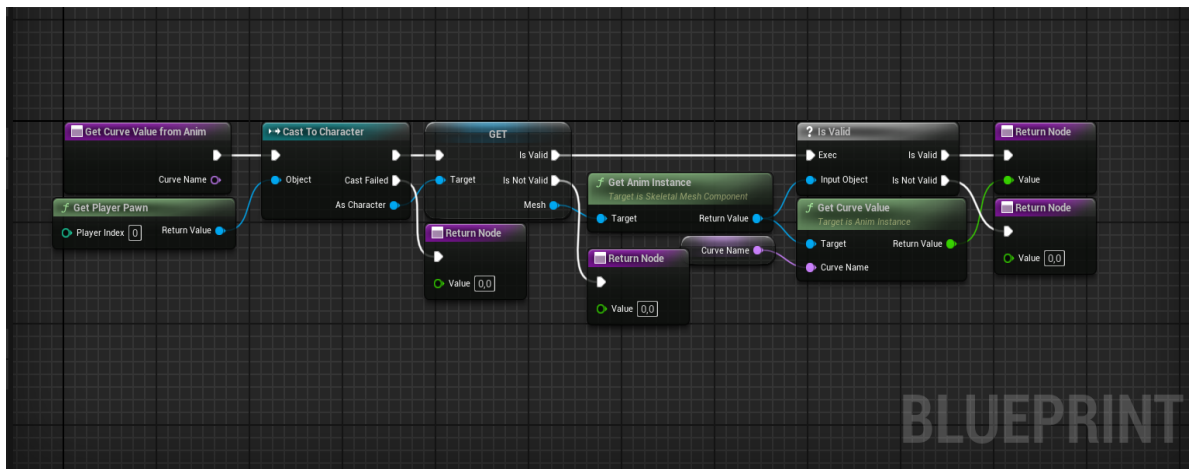
Додаток Ж – логіка прицілювання



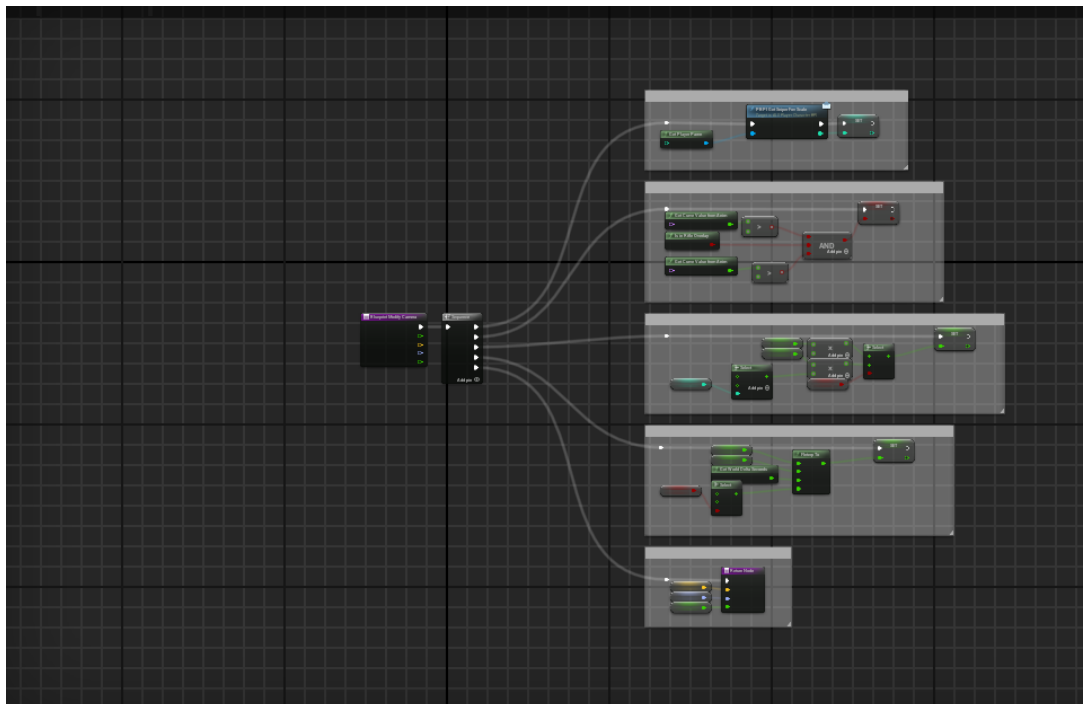
Додаток 3 – підйом альпініста



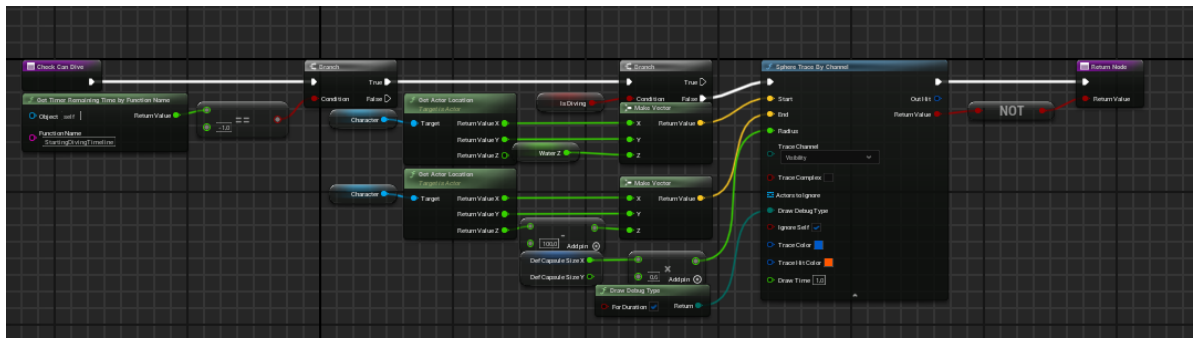
Додаток II – логіка камери



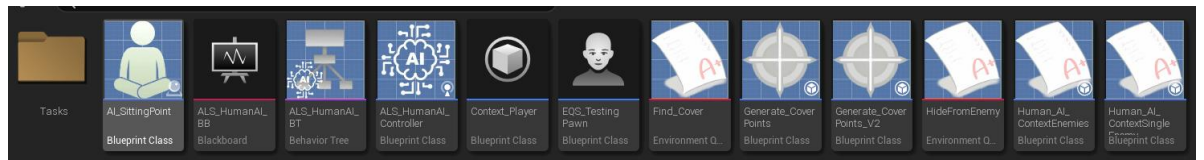
Додаток I – модифікації камери



Додаток ІІ – логіка підкрадання



Додаток Й – файли для роботи AI



Додаток К – шаблони UE 5

